

# Memoria

*Seminario virtual:*  
SOLUCIONES BASADAS EN LA  
NATURALEZA PARA LA GESTIÓN  
HÍDRICA EN LATINOAMÉRICA

Marzo 2021



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA





**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



# Memoria

*Seminario virtual:*  
**SOLUCIONES BASADAS EN LA  
NATURALEZA PARA LA GESTIÓN  
HÍDRICA EN LATINOAMÉRICA**



Marzo 2021

Memoria

Seminario virtual: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión hídrica en Latinoamérica

Coordinadores:

Laurent Guillaume Courty, Juan Carlos Centeno Álvarez y Daniela Noriega Bernabé

Cuidado de la edición:

Juan Carlos Centeno Álvarez

Daniela Noriega Bernabé

Xóchitl Peñaloza Rueda

Marina Ruiz Rodríguez

Gema Alín Martínez Ocampo

Diseño, formación y portada:

Gema Alín Martínez Ocampo

Fotos tomadas de pixabay.com

Fotos de las páginas 4 y 8 cortesía de Gema Alín Martínez Ocampo

Foto página 11 tomada de:

<https://www.flickr.com/photos/sachavir/252974022/in/photostream/>

Primera Edición: 2021

D. R. © Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Paseo Cuauhnáhuac 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos

C.P. 62550, México.

Tel. (777) 329-3600

[www.imta.gob.mx](http://www.imta.gob.mx)



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional.

Para compartir esta obra usted deberá dar crédito de manera adecuada a coordinadores y autores y brindar enlace a la licencia. No puede hacer uso del material con propósitos comerciales. Si transforma, remezcla o crea a partir del material no podrá redistribuir el material modificado.

Las opiniones, datos y citas presentados en esta obra son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan, necesariamente, los puntos de vista de la institución que edita esta publicación.

Hecho en México

Distribución gratuita. Prohibida su venta. Queda prohibido el uso para fines distintos al desarrollo social.



# Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	4
<b>2. PROGRAMA</b>	6
<b>3. SESIONES</b>	8
3.1. Sesión 1. Mejorando los servicios ecosistémicos a través de infraestructura verde en la ciudad de Hermosillo Dr. Agustín Robles-Morua Profesor Investigador, Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) M.C. Eduardo Hinojosa Robles Coordinador de Desarrollo Sustentable del Instituto Municipal de Planeación Urbana de Hermosillo (IMPLAN) y Coordinador de Agua e Infraestructura Verde (WRI México)	
3.2. Sesión 2. Las Áreas Naturales Protegidas como soluciones naturales para la resiliencia hídrica Mtra. Pilar Jacobo Enciso Directora de Estrategias para el Cambio Climático, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) Mtra. Sofía García Sánchez Coordinadora del proyecto Resiliencia, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)	16
3.3. Sesión 3. Espacio público como infraestructura hídrica Mtra. Loreta Castro Reguera Universidad Nacional Autónoma de México	21
3.4. Sesión 4. Infraestructura verde para el control del escurrimiento pluvial y beneficios térmicos Dra. Rutineia Tassi Universidad Federal de Santa María (Brasil)	24
3.5. Sesión 5. Soluciones Basadas en la Naturaleza para la Gestión Hídrica en Latinoamérica - paradigmas, desafíos y oportunidades en América Latina Dr. Juan Carlos Bertoni Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)	28
<b>4. CONCLUSIONES</b>	33





# 1. INTRODUCCIÓN





Los problemas hídricos y ambientales que enfrenta el mundo hacen necesario transitar a un modelo de gestión hídrica que incorpore soluciones basadas en la naturaleza (SbN), lo que requiere de generación y fortalecimiento de capacidades. Así, surge la iniciativa de organizar un seminario que nos permita conocer algunos de los desafíos a los que se han enfrentado los colegas de diversas partes de Latinoamérica, para entender y enfrentar de mejor manera estos retos, ya que compartimos rasgos culturales, sociales, económicos y políticos similares.

El objetivo del evento fue difundir y ampliar el conocimiento en torno a las SbN para la gestión hídrica, así como com-

partir experiencias y casos de éxito en Latinoamérica.

El Seminario Virtual fue parte del Espacio de Conocimiento que se transmite en línea, espacio que el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) implementó debido a las condiciones de contingencia por la pandemia de la COVID19. Nos acompañaron ponentes nacionales e internacionales de Argentina, Brasil y México; fue dirigido a expertos en gestión hídrica, planeación urbana, investigadores, consultores y estudiantes de posgrado. Además, este evento sirvió como preámbulo para la celebración del Coloquio Internacional “Soluciones Basadas en la Naturaleza para la Gestión Hídrica” a celebrarse próximamente.





## 2. PROGRAMA



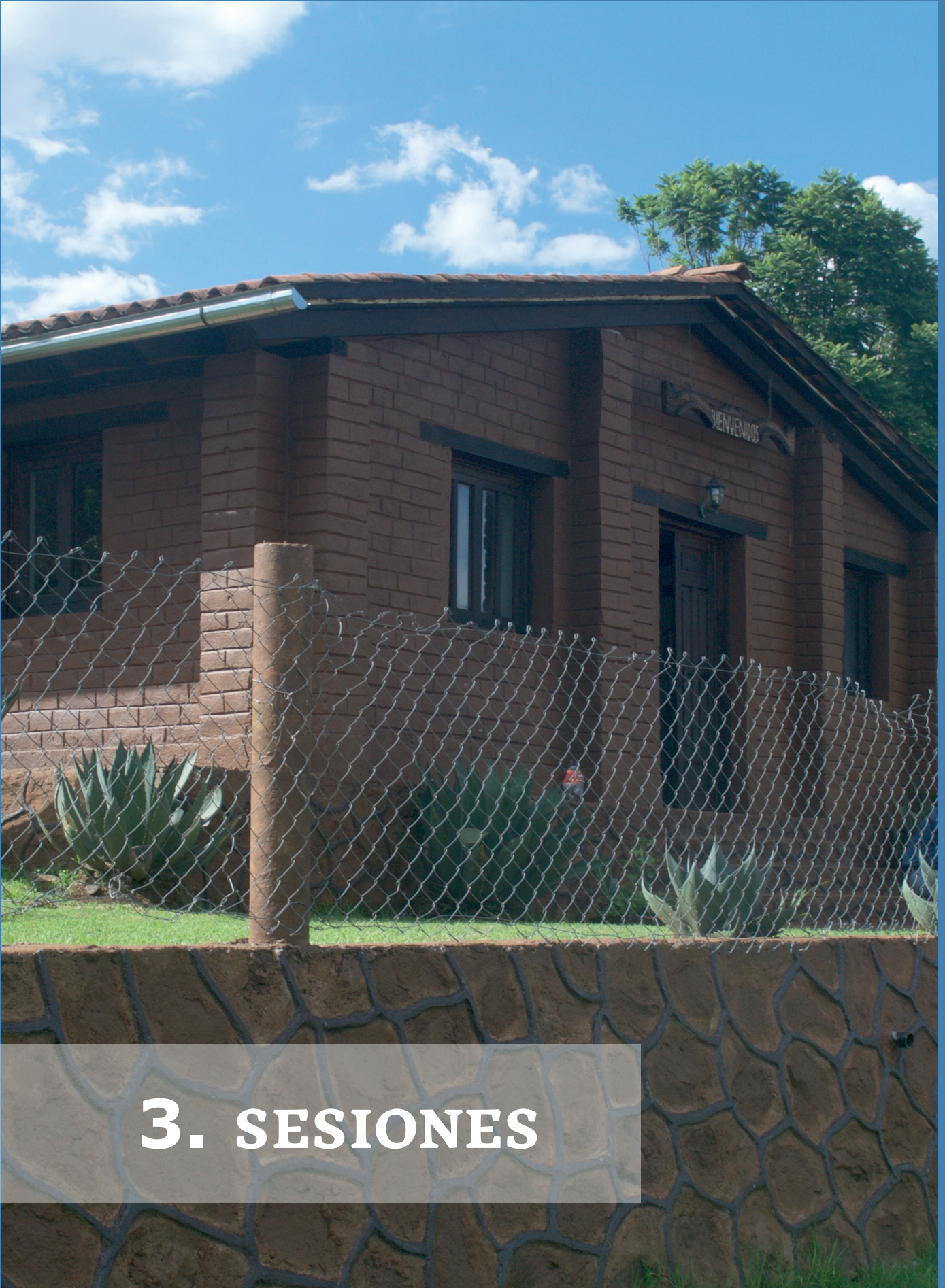
El seminario virtual se realizó en los meses de junio y julio del 2020, con el siguiente programa:

No.	Fecha	Nombre	Título de la ponencia
1	9 de junio de 2020	Agustín Robles Morua (Instituto Tecnológico de Sonora) y Eduardo Hinojosa Robles (Instituto Municipal de Planeación Urbana de Hermosillo y WRI México)	Mejorando los servicios ecosistémicos a través de infraestructura verde en la ciudad de Hermosillo
2	23 de junio de 2020	Pilar Jacobo Enciso (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP) y Sofía García Sánchez (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, México)	Las Áreas Naturales Protegidas como soluciones naturales para la resiliencia hídrica
3	30 de junio de 2020	Loreta Castro Reguera (Universidad Nacional Autónoma de México, México)	Espacio público como infraestructura hídrica
4	7 de julio de 2020	Rutineia Tassi, (Universidad Federal de Santa María, Brasil)	Infraestructura verde para el control del escurrimiento pluvial y beneficios térmicos
5	14 de julio de 2020	Juan Carlos Bertoni (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina)	Soluciones Basadas en la Naturaleza para la Gestión Hídrica en Latinoamérica - paradigmas, desafíos y oportunidades en América Latina

Las ponencias se encuentran en el canal IMTA de YouTube, en los siguientes enlaces:

1. [https://www.youtube.com/watch?v=\\_78AfAr41mM&t=3698s](https://www.youtube.com/watch?v=_78AfAr41mM&t=3698s)
2. [https://www.youtube.com/watch?v=6SOe1\\_5lue8&t=3305s](https://www.youtube.com/watch?v=6SOe1_5lue8&t=3305s)
3. <https://www.youtube.com/watch?v=xRX8Fznudw4&t=421s>
4. [https://www.youtube.com/watch?v=NkRVQAm-\\_lw&t=1s](https://www.youtube.com/watch?v=NkRVQAm-_lw&t=1s)
5. <https://www.youtube.com/watch?v=QTFoVT4RwWk>





### **3. SESIONES**



### **3.1.** Sesión 1. Mejorando los servicios ecosistémicos a través de infraestructura verde en la ciudad de Hermosillo

Dr. Agustín Robles-Morua  
Profesor Investigador, Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON)

M.C. Eduardo Hinojosa Robles  
Coordinador de desarrollo sustentable del Instituto Municipal de Planeación Urbana de Hermosillo (IMPLAN) y Coordinador de Agua e Infraestructura Verde (WRI México)

El Dr. Robles inició su intervención refiriéndose al conflicto existente entre el cambio climático y el incremento acelerado de la población en zonas urbanas, y los problemas que traen consigo; siendo la infraestructura natural y la construida aquello en lo que se deben enfocar los planeadores de las ciudades, para atenuar los impactos y adaptarse al cambio climático.

Bajo este contexto, la Ciudad de Hermosillo, Sonora, ha sido el escenario para la implementación de un proyecto de resiliencia urbana ante eventos extremos climáticos y de infraestructura verde, con la participación del IMPLAN y el ITSON, en el cual el Dr. Agustín Robles y el Mtro. Eduardo Hinojosa han colaborado desde 2015. Algunos de

los estudios científicos que sustentan el proyecto han sido financiados por diversas agencias, principalmente por la Red de Resiliencia Urbana ante Eventos Extremos Climáticos (UREx SRN), la que a su vez es financiada por la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos de América, así como la Agencia Alemana de Cooperación Internacional al Desarrollo (GIZ por sus siglas en alemán).

El calor es un factor importante a tomar en cuenta en la Ciudad de Hermosillo, pues es la segunda ciudad a nivel nacional con mayor número de muertes por choque de calor. Por tal motivo, el equipo del Dr. Robles realizó un estudio de caracterización de olas de calor, en el que identificó, junto con su

equipo, los umbrales con el 90 percentil de todas las ciudades del estado de Sonora para determinar cuándo ocurre un día caliente. Dicho umbral en Hermosillo es de 42°C, lo que significa que si un día excede esta temperatura es considerado como un día caliente, y dos días consecutivos arriba de este valor se tipifica como una ola de calor. Además, identificaron que históricamente, junio es el mes con mayor número de días calientes y olas de calor.

Este primer estudio de olas de calor fue la base para diseñar las primeras campañas de protección civil y de comunicación para contrarrestar el impacto de las olas de calor en la ciudad de Hermosillo. Se empezaron a implementar albergues para proteger a la ciudadanía del calor extremo.

Adicionalmente, se realizaron estudios de isla de calor para determinar la variabilidad espacial y las zonas más afectadas dentro de la ciudad. Se utilizaron varias técnicas para lograr este objetivo, primero a través de microsensores montados en vehículos conducidos por diferentes sectores de la ciudad, con los que se midieron los niveles de exposición a diferentes horas del día. Con base en dicha información se generaron mapas para identificar las zonas más vulnerables. Asimismo, mediante la aplicación de herramientas de percepción remota se obtuvieron valores de temperaturas de superficie para generar mapas de la variabilidad espacial histórica de la temperatura

de superficie. Esta información fue relacionada con factores socioeconómicos de marginación y de problemas de salud pública asociados con el calor extremo. A su vez, estos se integraron con el mapa de exposición termal para finalmente obtener mapas de vulnerabilidad o de exposición al calor extremo de la ciudad, en ellos se identifican los lugares que retienen calor o donde hay una combinación de calor y vulnerabilidad socio-económica.

Por otra parte, realizaron un estudio de calor extremo en el transporte urbano, para lo cual se instalaron sensores en 50 paradas de camión, seleccionadas con base en los mapas termales, y se realizaron encuestas a los usuarios. La percepción social es que los árboles atenúan el calor, lo cual no es necesariamente correcto, ya que, aunque proporcionan sombra permiten el paso de la radiación solar. Se observaron grandes diferencias de temperatura de acuerdo con los materiales de las paradas, y que la combinación de sombras de estructuras y vegetación proporciona un mayor confort termal. Asimismo, instalaron sensores en varias partes del interior de alrededor de 30 camiones urbanos con y sin aire acondicionado. Las mediciones de temperatura en los camiones sin aire resultaron con diferencias de temperatura de 10 a 12°C, con máximas en el interior de camiones de hasta 52°C.

Otro tema que están analizando actualmente son las inundaciones urbanas,

en el cual el Dr. Laurent Courty está colaborando. Hermosillo no cuenta con un sistema de drenaje, por lo que las calles funcionan como canales, situación que se complica con eventos de mayor precipitación, ocasionando daños en diferentes tipos de infraestructura existente. En general, el escurrimiento viaja de norte a sur y de este a oeste de la ciudad, rumbo al río Sonora, el cual se encuentra canalizado en el tramo que cruza la ciudad.

Con base en datos climatológicos de los últimos 45 años, se caracterizaron los eventos extremos de lluvia, por ejemplo, se han presentado 40 eventos con precipitaciones arriba de 50 milímetros en un periodo de 24 horas, y el máximo histórico es de 64 milímetros en 24 horas.

Además, están trabajando con modelos hidrológicos urbanos para analizar el comportamiento del escurrimiento superficial y predecir las zonas con riesgo

de inundación. Estos modelos son alimentados con información climatológica, la cual es escasa, por lo que se complementó con productos satelitales. Cabe mencionar, que los últimos 5 años se han instalado estaciones climatológicas urbanas, pero la información generada aún no es suficiente para el análisis que se requiere. Además, el equipo del ITSON está trabajando en la instrumentación de cuencas urbanas para medir escurrimientos urbanos y calibrar los modelos hidrológicos.

Otro de los grandes retos en Hermosillo es la contaminación del aire. Como en muchas de las zonas semiáridas del norte del país, se tiene una gran influencia del monzón de Norteamérica, el cual proporciona entre el 65 y 75% de las lluvias durante los meses de julio, agosto y septiembre; así como vientos considerables que van del suroeste al noroeste de la ciudad, arrastrando polvos de zonas agrícolas y zonas costeras, ocasionando episodios importantes de



contaminación que exceden las normas en varias ciudades.

Para analizar la problemática de la contaminación del aire, en colaboración con la Dra. Diana Meza Figueroa de la Universidad de Sonora (UNISON), se realizó un estudio de concentraciones de metales pesados que se encuentran en los polvos que son depositados y que por procesos de dispersión y advección del monzón se mueven dentro de la ciudad. Este estudio incluye la colaboración de varias dependencias y universidades como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto de Ecología de Hermosillo. Del análisis de polvos depositados en los techos y canchas de alrededor de 35 escuelas primarias distribuidas en toda la ciudad, antes, durante y después del monzón, se han encontrado concentraciones por arriba de la norma de cromo, cobre, manganeso, y trazas de otros 35 metales y agentes tóxicos que se están analizando.

Con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los habitantes de Hermosillo, están trabajando para mejorar o incrementar los servicios ecosistémicos urbanos, a través del rol de los suelos en áreas verdes, cómo se da la acumulación de contaminantes, infiltración del agua de los escurrimientos urbanos y creación de microclimas con la vegetación que soportan. Para ello, se han generado mapas de servicios ecosistémicos que proporcionan las áreas verdes existentes e identifican las zonas donde

se deben asignar e implementar nuevas obras de infraestructura verde. Dichos mapas se generaron con base en las capas resultantes de los estudios previamente expuestos, las cuales se integraron utilizando nuevas técnicas de agrupamiento espacial. Los ponentes describieron este proceso como dinámico, pues se continúa complementando con mayor información y el avance de más estudios.

A continuación, se comentan algunas de las capas utilizadas:

- Zonas inundables y zonas permeables, para identificar posibles zonas de recarga a los acuíferos.
- Zonas de deposición de polvos con contenido de metales pesados, para analizar la factibilidad de construir infraestructura para lograr su retención en los suelos urbanos.
- Zonas de mayor exposición al calor extremo (isla de calor).
- Zonas de vulnerabilidad a diferentes problemas de salud y condiciones socioeconómicas.
- Áreas verdes de Hermosillo, a esta capa se integran las anteriores para clasificar las áreas verdes en función de los beneficios que proveen a favor de la problemática que se presente, ya sea inundaciones, calor extremo o deposición de metales.

Se clasificaron más de 1800 sitios considerados como áreas verdes, con lo

que el IMPLAN podrá llevar a cabo acciones específicas.

El M.C. Eduardo Hinojosa expuso cómo se han implementado técnicas de infraestructura verde en Hermosillo, la aplicación de la base científica generada por el grupo del ITSON y la experiencia del IMPLAN con la colaboración con UREx. Recalcó el interés de la Directora General del IMPLAN, Guadalupe Peñúñuri, en la implementación de infraestructura verde y su búsqueda de financiamientos para llevar a cabo los proyectos.

El primer financiamiento lo proporcionó el Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN), para el desarrollo del Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos,<sup>1</sup> el cual originalmente estaría dirigido únicamente a la zona norte del país, pero se amplió a todo México. El Manual establece los lineamientos y criterios básicos para desarrollar este tipo de infraestructura, además explica claramente el término de infraestructura verde, ya que no solo se trata de la red de áreas verdes dentro de la ciudad, sino también

la forma de intervenir esas áreas para que sean capaces de aportar servicios ecosistémicos.

Posteriormente elaboraron el Programa de Desarrollo Metropolitano de Hermosillo,<sup>2</sup> de la mano con UREx, el cual contiene políticas más claras de infraestructura verde, pero aún con un conocimiento más empírico; así como el Programa de Drenaje Pluvial e Infraestructura Verde del Centro de Población de Hermosillo 2018,<sup>3</sup> que incorporaba mayor conocimiento de la climatología urbana.

Sin embargo, fue hasta finales de 2018 cuando se estableció un instrumento formal, una norma técnica de infraestructura verde,<sup>4</sup> en la que se obliga a todos los desarrolladores inmobiliarios, industriales, comerciales, habitacionales, entre otros, a cumplir con ciertos lineamientos a través de un dictamen, lo que resulta de utilidad para que se conozcan y reconozcan los beneficios de la infraestructura verde, y así favorecer al cambio de paradigma. Algunos de los principales criterios que se incluyen en la norma técnica son los siguientes:

- 1 Ver enlace: [https://www.implanhermosillo.gob.mx/wp-content/uploads/2019/06/Manual\\_IV3.pdf](https://www.implanhermosillo.gob.mx/wp-content/uploads/2019/06/Manual_IV3.pdf)
- 2 Ver enlace: <https://www.implanhermosillo.gob.mx/wp-content/uploads/2017/05/PD-MHSEP2016.pdf>
- 3 Ver enlace: <https://www.implanhermosillo.gob.mx/wp-content/uploads/2018/10/PROGRAMA-DE-DRENAJE-PLUVIAL-E-INFRAESTRUCTURA-VERDE-DEL-CENTRO-DE-POBLACION-DE-C3%93N-DE-HERMOSILLO-2018.pdf>
- 4 Ver enlace: <https://www.implanhermosillo.gob.mx/wp-content/uploads/dictamen/boletín-norma-iv.pdf>



- Las áreas verdes deben conformarse con niveles por debajo de las superficies impermeables adyacentes para lograr la captación del agua pluvial y sedimentos. Además, se deben construir guar-niciones y banquetas con entradas que permitan el ingreso de las es-correntías. Esto además de reducir las inundaciones contribuye en el manejo de contaminantes y partí-culas suspendidas, contribuyendo a la mejora de la salud pública.
- Los estacionamientos deben tener una aportación de áreas permeables y arbolado. Cada tipo de estacionamiento tienen sus propios parámetros, pero los ob-jetivos son los mismos, princi-palmente que brinden servicios ecosistémicos; dejando atrás los estacionamientos de concreto o asfalto impermeable que solo in-crementan las escorrentías.
- El diseño de las vialidades debe cumplir con criterios que permi-tan incorporar infraestructura verde; por ejemplo, el bombeo de la vialidad debe ser capaz de conducir las aguas pluviales a las áreas verdes y deben dotar de un mínimo de arbolado por exten-sión de manzana.
- El equipamiento público y las áreas verdes deben contar con una superficie mínima de permeabilidad y masa vegetal.

donde se encontraba la oportunidad para desarrollarlos, sin seguir algún plan, por lo que, actualmente están trabajando en generar un Programa es-tratégico de infraestructura verde. Este tendrá como soporte los estudios y re-sultados que expuso el Dr. Robles, des-tacando la categorización de las áreas verdes y sus servicios ecosistémicos, para priorizar y planificar con mayor de-talle la intervención en las mismas, tan-to en las existentes como en las que se desarrollarán.

Inicialmente, se trabajó con ocho in-tervenciones prácticas principales en un periodo de dos años. Desde las más básicas como los jardines microcuen-cas, que se tratan de depresiones en el terreno para generar o incrementar la capacidad de captación de agua, hasta los jardines de lluvias, que también son depresiones en el terreno que además cuentan con capas permeables subte-rráneas que incrementan la capacidad de captación, retención e infiltración del agua. Un ejemplo es la construc-ción de jardines microcuencas y la reforestación del Boulevard Enrique Mazón, donde implementaron un pro-grama de voluntariado con alrededor de 1000 personas en 15 jornadas.

Posteriormente, se realizaron interven-ciones de mayor escala en diferentes parques de la ciudad. En el Parque Altares se construyeron una serie de jardines microcuencas de captación de agua y sedimentos. En el Parque Pueblitos se hizo la réplica de un cauce

El IMPLAN y sus colaboradores reali-zaron algunos proyectos en lugares



y su entorno ripario, con un sistema de retención de la escorrentía e infiltración. Se diseñó y construyó el Parque Esperanza, con una superficie de inundación controlada. Actualmente, se está construyendo el Parque Metropolitano, el cual tendrá un sistema lagunar que será alimentado con aguas tratadas de la planta de tratamiento de la ciudad, además captará los escurrimientos pluviales de la parte norte y norponiente de la ciudad.

Para concluir, el M.C. Hinojosa mencionó algunos de los logros y los retos a enfrentar.

#### *Logros:*

- Se han intervenido alrededor de 66,720 m<sup>2</sup> de área verde, se introdujeron especies nativas y se estima una captación de agua de 13,030 m<sup>3</sup>.
- La publicación de la norma técnica de infraestructura verde.
- Se fortaleció el marco normativo a nivel estatal y municipal, al

mencionar como mínimo el concepto de infraestructura verde.

- Una exitosa colaboración con instituciones académicas, para mejorar la planeación con fundamento científico.
- Se ha logrado el interés de la sociedad en los temas ambientales.
- Todas estas medidas son efectivas para adaptarse y mitigar el cambio climático, a través de la reducción de riesgos por inundación, el efecto de isla de calor, reducción de la contaminación atmosférica, y la adaptación a las sequías.

#### *Retos:*

- El presupuesto limitado es un desafío para lograr el avance de la implementación de la infraestructura verde.
- Se vislumbra contar con un sistema importante de sumideros de carbono y de retención de partículas.

## 3.2. Sesión 2. Las Áreas Naturales Protegidas como soluciones naturales para la resiliencia hídrica

Mtra. Pilar Jacobo Enciso

Directora de Estrategias para el Cambio Climático, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)

Mtra. Sofía García Sánchez

Coordinadora del proyecto Resiliencia, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

La Mtra. Sofía García comenzó su intervención refiriéndose al Reporte Mundial sobre el Desarrollo de Recursos Hídricos 2020, publicado por la ONU, el cual presenta proyecciones del cambio climático. Una de dichas proyecciones hablaba de que en caso de incrementar la temperatura 2°C se presentarían problemas de inundaciones y sequías.

Mostró los resultados a nivel mundial de la herramienta Aqueduct del World Resource Institute, donde se observan las zonas que tendrán problemas de escasez de agua y riesgo de los cultivos, lo que se vincula con la seguridad alimentaria. Con base en esto, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) analizó como se afectaría el producto interno bruto en América Latina, resultando un impacto del 30 al 70% en algunos países.

Por otro lado, entre el 1970 y 2019 en América Latina y el Caribe ocurrieron 2,309 desastres, los cuales causaron más de 500 mil muertes, 297 millones de personas afectadas y 437 mil millones de dólares (USD) en daños. Si aumentara la temperatura 2.5°C, los costos físicos en esta región oscilarían entre el 1 y 5% del PIB y en agricultura el 6%; lo que generaría vulnerabilidad económica, ambiental y social.

### ¿Qué se puede hacer?

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) incluyen acciones de mitigación y adaptación para enfrentar el cambio climático, incluso varias fuentes afirman que las SbN lograrían contener el 37% de las emisiones a nivel mundial. Este término surgió en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), pero de manera

más formal en la Cumbre sobre la Acción Climática de las Naciones Unidas de 2019, para referirse a la protección, restauración y manejo sostenible de los ecosistemas. Las SbN se basan en la mejora o creación de procesos naturales, por ejemplo, la retención de humedad del suelo y la recarga de acuíferos. Se pueden aplicar con diferentes enfoques y proporcionan múltiples beneficios en diferentes sectores. Además, las acciones se pueden emplear a micro y macro escala, y vincularse entre ellas.

Algunos ejemplos de estas acciones son: la conservación de las áreas naturales protegidas, la restauración de paisaje forestal, estabilización de laderas, la restauración de humedales y manglares, conservación de franjas ribereñas; y en las zonas urbanas, la cosecha de agua, los humedales artificiales para el tratamiento de aguas, por citar algunos.

Presentó una gráfica pirámide que representa los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) a los que hace referencia la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la base de la pirámide es la biosfera como capital natural que sostiene a la sociedad en la cúspide la economía.

La Mtra. Pilar Jacobo, retomó el tema de las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Puntualizó que una de las principales problemáticas a nivel global es la degradación de los ecosistemas, a causa de la pérdida de la biodiversi-

dad y el cambio climático. Por lo que las SbN juegan un rol importante para prevenir, conservar y promover un uso sustentable de la naturaleza, esto requiere de recursos hídricos disponibles, los que a su vez dependen en gran medida de las ANP.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) de México, define las ANP como las zonas de territorio nacional en las que los ambientes originales no han sido alterados significativamente por la actividad del ser humano, o aquellas que requieren ser preservadas y restauradas; además, ofrecen beneficios ecológicos y poseen valores culturales y espirituales. México tienen 182 ANP bajo la administración federal, con una superficie de más de 90 millones de hectáreas, lo que representa el 20% de la superficie marina y en términos terrestres son el 10.5%.

Las ANP son instrumentos de manejo y conservación que requieren de una estructura organizacional e institucional, lo cual permite llevar a cabo las SbN. En México la CONANP es la encargada de la gestión y manejo de las ANP, brindando soluciones naturales a la población a través de un manejo integrado del paisaje, conservación, restauración y manejo de la biodiversidad, atención al cambio climático, promoción de actividades de la economía de la conservación y proyectos de desarrollo sustentable, fomenta la comunicación, la educación y la cultura

para la conservación, así como la promoción del fortalecimiento de la gobernanza y las capacidades institucionales.

La CONANP lleva a cabo sus funciones a través de personal directivo, técnico y administrativo, con presencia en el territorio 24/7 a través de sus guardaparques. La buena gobernanza que se lleva a cabo en las ANP se fortalece gracias a los programas de subsidios para proyectos de conservación y desarrollo sustentable, la infraestructura operativa para personal de campo y la colaboración y coordinación con otros niveles de gobierno y sectores, como la academia, las asociaciones civiles y las comunidades locales.

Las ANP son fuentes de agua muy importantes para muchas de las principales ciudades de Latinoamérica. Por ejemplo, en México, la zona comprendida por los Parques Nacionales El Tepozteco, Lagunas de Zempoala, Cumbres del Ajusco, el Desierto de los Leones y el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor de Chichinautzin, recarga a los acuíferos que aportan el 70% del agua que consume la Ciudad de México. Un poco más al norte, el Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl provee el servicio de infiltración y provisión del agua a 13 millones de personas.

Por otro lado, el agua que proveen las ANP son fuente importante para muchas actividades económicas, como la

agricultura. Se tiene un estimado del aporte de las ANP de México para el sector agrícola, aproximadamente de 32 millones de pesos al año, lo que representa el costo evitado por la retención 3 400 millones de toneladas de sedimentos en la superficie de vegetación de las ANP.

Relacionado con las SbN, las ANP son importantes para gestionar la disponibilidad del agua, por ejemplo, el almacenamiento del agua a través de los humedales y sitios Ramsar, que mejoran la humedad del suelo y la recarga de los acuíferos; así como para gestionar la calidad del agua con la protección de las fuentes, lo que reduce el costo del tratamiento de la misma y contribuye a mejorar el acceso al agua potable.

En México se busca que la protección de los sitios ecosistemas prioritarios sea una labor conjunta entre sociedad y gobierno, por lo que se cuenta con un esquema denominado Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), donde particulares pueden destinar sus terrenos para la conservación, impulsando acciones de vigilancia, restauración de suelos, limpieza de los cuerpos de agua, entre otros fines.

La degradación de los ecosistemas aumenta el riesgo de desastres por fenómenos hidrometeorológicos extremos, por lo que la presencia de ANP, al reducir esta degradación, sirve para disminuir la vulnerabilidad de las localidades.

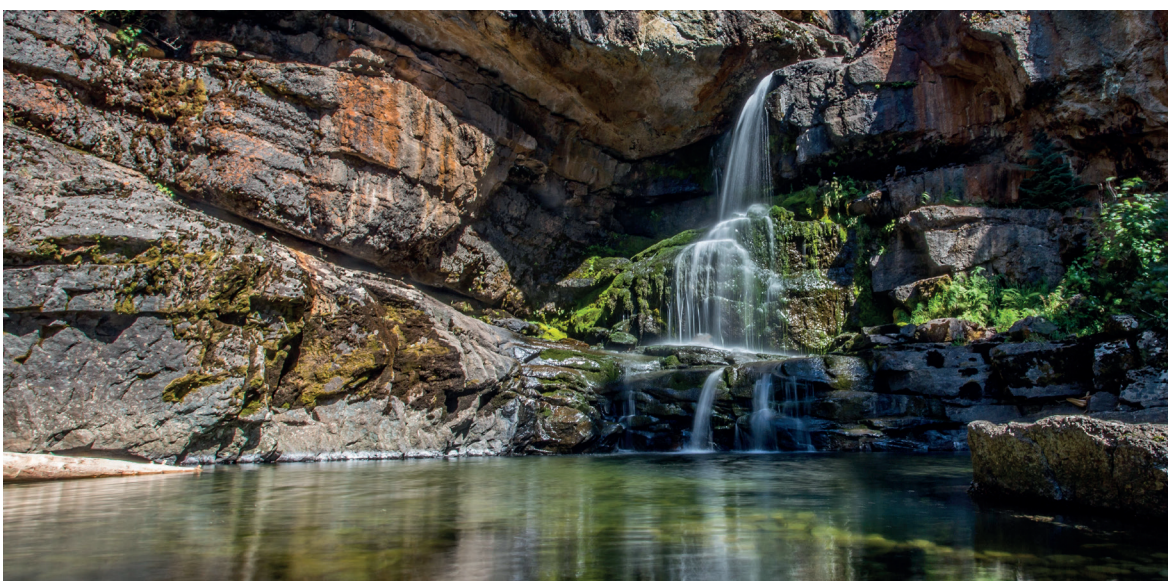
Algunas de las acciones en las ANP para reducir el riesgo de inundaciones y sequías son: las obras de captación, retención, infiltración de agua, la rehabilitación hídrica y la restauración de pastizales, arrecifes y manglares.

La Mtra. Sofía García habló sobre un proyecto de “Resiliencia para áreas protegidas”, financiado por el fondo para el medio ambiente mundial, que tiene como objetivo general mejorar la gestión y expandir la cobertura de las áreas protegidas. Los objetivos particulares son: a nivel nacional, el fortalecimiento del marco institucional; a nivel regional, ampliar el sistema de ANP en sitios que promuevan la conectividad; a nivel local, promover una gestión efectiva de las ANP. A nivel local, decidieron instrumentar 15 medidas de adaptación basadas en ecosistemas, que son soluciones basadas en la naturaleza, ubicadas en áreas protegidas con distintos tipos de ecosistemas, por

ejemplo: manejo integral del fuego en los bosques; restauración terrestre en bosques, pastizales, selvas y costas; prácticas de ganadería sustentable, entre otros.

Una medida de adaptación del proyecto es la “Restauración de humedales en la reserva de la biosfera pantanos de Centla, Tabasco”, la cual es una solución basada en la naturaleza y en las comunidades, que favorece la gestión de la calidad y la cantidad del agua, así como los medios de vida de la comunidad.

La implementación de medidas tuvo tres fases. En la primera se realizó un diagnóstico de viabilidad técnica y social para determinar los sitios a intervenir; la segunda consistió en la restauración/rehabilitación participativa de los humedales basada en el fortalecimiento de capacidades para el manejo comunitario; y la tercera en la comunica-





ción de los resultados, la sostenibilidad y la sistematización de la experiencia.

Previamente se consultó a la comunidad para valorar su interés y planear las actividades, que consistieron en la rehabilitación de 55 ha de manglar. También se realizó monitoreo, para lo cual se capacitó a algunos pescadores, quienes distribuyeron trampas de camarón, encontrando una mejoría de las especies. Por lo tanto, junto con el desarrollo de capacidades se logró sensibilización, empoderamiento y capacidad de gobernanza de la comunidad, lo que garantiza que ellos mismos continúen con las acciones para conservar el ecosistema y sus medios de vida.

La Mtra. Pilar Jacobo concluyó esta sesión con las siguientes reflexiones:

Integrar Áreas Naturales Protegidas en los planes de uso de suelo y ordena-

miento territorial, como parte de una red de conservación mejor conectada, para ofrecer soluciones prácticas y tangibles para la gestión del agua.

El reconocimiento sobre los valores que los ecosistemas brindan al bienestar humano no tiene el mismo nivel de reconocimiento que tienen las ANP, las cuales deberían ser reconocidas como mecanismos institucionales para mantener los ecosistemas.

Para lograr los ODS, es preciso planificar una mejor y mayor red de ANP efectivas, así como aumentar la superficie global bajo esquemas de protección de 30% para 2030.

Las ANP son medidas efectivas para enfrentar la pérdida de biodiversidad y al mismo tiempo mantener servicios ecosistémicos críticos de los que depende la humanidad, como es la disponibilidad del agua.



### 3.3. Sesión 3. Espacio público como infraestructura hídrica

Mtra. Loreta Castro Reguera  
Universidad Nacional Autónoma de México

La Mtra. Loreta Castro presentó tres proyectos, el primero fue el Parque Hídrico la Quebradora, Iztapalapa, CDMX, el cual sirvió de ejemplo para los dos proyectos posteriores, realizados en Tijuana y Nogales. Estos dos últimos forman parte del programa de ordenamiento urbano de ciudades fronterizas de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) que inició su primera etapa a mediados del 2019.

#### Parque hídrico la Quebradora, Iztapalapa, CDMX

Referente al proyecto del Parque hídrico la Quebradora, comentó que los principales objetivos técnicos fueron captar e infiltrar el agua de manera natural, y que el agua tratada se reutilizará en el riego de áreas verdes y en abastecer 50 muebles sanitarios dentro del parque. Hizo mención de los retos enfrentados para la ejecución del proyecto, el primero fue que la filosofía del parque iba

contra 500 años de manejo hidráulico tradicional y que era un espacio público donde la gente está presente.

En el 2015, se inició el desarrollo del proyecto por la UNAM, con la participación de diversas instancias, destacando la Facultad de Arquitectura, el Instituto de Investigaciones Sociales y la Facultad de Química.

El proyecto se elaboró en un periodo de un año y en 2017 se inició la construcción de la primera etapa, no obstante, se detuvo por escasez de recursos y se retomó después de ocho meses. Cuando inició la segunda etapa, se detuvo nuevamente por cambios en la administración pública, después de un año de gestión se logró reactivar y actualmente está por concluir. A pesar de estas complicaciones y las consecuentes modificaciones que sufrió el proyecto, se logró concretar en gran medida lo que se había diseñado inicialmente.

## Parque Arroyo Xicoténcatl, Tijuana

A partir del análisis realizado en campo y gabinete, resultó que en un tramo del arroyo Xicoténcatl había relleno de cascajo para utilizar la superficie como zona recreativa, sin embargo, remover el material para regresar la cañada a su estado natural representaba una gran inversión. Por lo que optaron por otra solución que consistía en conducir el agua por medio de canales laterales al arroyo en el tramo del relleno para finalmente conectarlos aguas abajo con el cauce en estado natural; así como utilizar el material alojado en el cauce para conformar las plataformas para el espacio público que los vecinos estaban buscando.

A la SEDATU le convenció la propuesta del proyecto, pues resultaba más económico reutilizar el material del sitio, por lo que incrementó el presupuesto y decidió realizar el plan maestro dividido en dos etapas.

Para contener las plataformas se propusieron muros de llantas con vegetación, que es un sistema muy utilizado en las cañadas de Tijuana, donde lo denominan llanti-muro. De la misma manera se conformaron los taludes del cauce para contener el andador sobre la margen; contiguo a este se localizan los canales laterales de mampostería y en seguida la calle. Sobre las plataformas se adaptaron, en la primera etapa: canchas deportivas, rampas, juegos infantiles,

área de descanso; y en la segunda etapa, que ya inicio se adaptaron: una zona cubierta, una fuente de agua de lluvia y un área para adultos mayores.


Dado que en la zona hay pocos recursos, inseguridad y delincuencia, el parque se diseñó para requerir poco mantenimiento, usar vegetación nativa, y una iluminación sin cableado entre postes.

## Represo Colosio, Nogales, Arizona

Esta es una presa rompepicos con una cortina de tierra, en la que se urbanizó toda su periferia, incluso en zonas de riesgo de deslizamiento de taludes y sobre la cortina, ocasionando daños en la presa. Aunado a lo anterior, en el año 2018 se desbordó, provocando daños en los taludes del embalse e inundaciones aguas abajo, quedando incomunicadas las viviendas sobre la margen izquierda. Aun con esta problemática, la comunidad decidió que se construyera un parque dentro del vaso de la presa.

La Mtra. Loreta Castro y su equipo diseñaron una estrategia para cubrir tres objetivos: utilizar el espacio para control de escurrimientos en época de lluvias; para recreación en época de estiaje, con canchas multifuncionales y un área de juegos infantiles; y estabilizar los taludes y la cortina de la presa.

Se utilizaron materiales de la zona, como tierra para pavimentos, lámina



acanalada para las zonas cubiertas, piedra local y vegetación nativa, para generar espacios tales como: cubiertas inclinadas, contenciones con gavión de piedra, escaleras de mampostería, plazas inclinadas.

Se construyeron plataformas dentro del vaso; se colocaron gaviones en la cortina y en los taludes del vaso; sobre estos se construyó un andador perimetral que se une a un puente que cruza el cauce de entrada al vaso; se reali-

zaron trabajos de dragado en el vaso; se reubicaron cinco viviendas establecidas sobre la cortina; se rehabilitó la obra de excedencias para un periodo de retorno de 10 000 años; y se instaló una tubería para mantener el nivel del agua.

Adicionalmente, crearon una serie de programas de actividades recreativas, en una zona cubierta y con gradas, la que también puede ser utilizada como un foro.

### 3.4. Sesión 4. Infraestructura verde para el control del escurrimiento pluvial y beneficios térmicos

Dra. Rutineia Tassi  
Universidad Federal de Santa María (Brasil)

La Dra. Rutineia Tassi, inició su intervención explicando qué es la infraestructura verde y porque es necesaria, para posteriormente compartir su experiencia en relación con algunos casos de estudio.

#### ¿Por qué la infraestructura verde?

El enfoque convencional de la gestión de las aguas pluviales urbanas se basa en infraestructura gris, que consiste en sistemas de alcantarillado que colectan el agua de lluvia y la transportan hacia afuera de la ciudad lo más rápido posible, sin tomar en cuenta los impactos aguas abajo. Al crecer las ciudades se incrementan los volúmenes de escurrimiento y se reduce su tiempo de traslado, lo cual excede la capacidad de las alcantarillas existentes y consecuentemente aumentan las inundaciones. Esta situación incrementa la demanda de nueva infraestructura gris con los consecuentes costos. La infraestructura gris promueve muy poco el potencial beneficio socioeconómico que el agua tiene para favorecer el paisaje urbano y la calidad de vida de la población.

Un enfoque menos convencional es la infraestructura verde, que a menudo se refiere a proyectos que incluyen elementos de vegetación. Este paisajismo verde consiste en una red estratégicamente planificada que conecta áreas naturales o semi-naturales con otras de calidad ambiental diferente, por lo que deben ser diseñadas y gestionadas de manera proporcional a un amplio abanico de servicios ecosistémicos, por ejemplo, mejorar la calidad del agua y el aire, el confort térmico, el control del arrastre de sedimento, entre otros.

La infraestructura verde utiliza elementos naturales como la vegetación, suelos y otros elementos que pueden restaurar algunos procesos hidrológicos naturales que se van perdiendo con la urbanización, como son la infiltración, recarga de acuíferos, evapotranspiración, por citar algunos. Por lo que estas técnicas ayudan a gestionar el agua pluvial, reduciendo la escorrentía lo más próximo posible a su punto de origen. De esta manera el agua que llega a los cuerpos de agua será de mejor calidad.

Este tipo de infraestructura puede ser implementada en diferentes escalas en función del objetivo y la normatividad. A menor escala se puede aplicar a lotes o edificios, por ejemplo, techos verdes, cosecha de lluvia, jardines de lluvia, accesos a edificios permeables. El escurrimiento que no es posible retener en los lotes se puede retener en las calles o banquetas, con otras estructuras como pavimentos permeables, estacionamientos verdes, biorretenciones, entre otros. Y así sucesivamente el flujo sigue las diferentes escalas, como puede ser a nivel de barrio o hasta un cuerpo receptor, por ejemplo, reservorios, humedales, rehabilitación de ríos urbanos, por mencionar algunos.

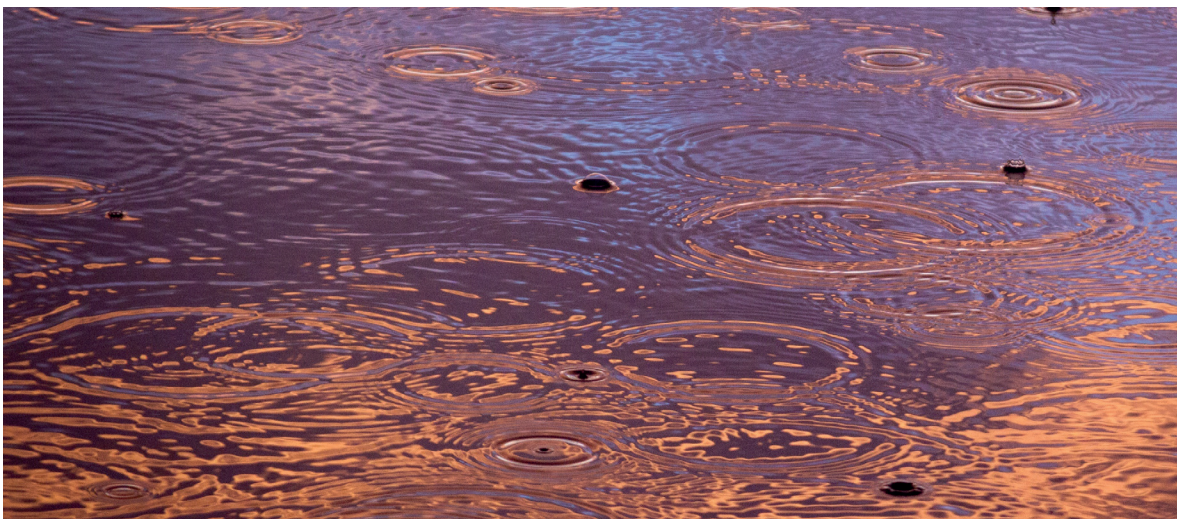
### Casos de estudio

La Dra. Rutineia Tassi habló acerca de las investigaciones que están realizando en la Universidad de Santa María, en Brasil, desde hace más de 10 años. Iniciaron con trabajos experimentales y monitoreo para entender como las

SbN podrían funcionar en las condiciones locales, cómo adaptarlas a su clima y cómo los recursos locales pueden ser empleados.

La base de datos resultante de las investigaciones experimentales ha sido útil para desarrollar una segunda fase con modelaciones matemáticas que permiten evaluar distintos escenarios, por ejemplo, cómo se modificaría el escurrimiento y el impacto en los costos, si se cambian las coberturas impermeables por coberturas verdes y/o se utilizan biorretenciones en la ciudad.

Santa María está ubicada al sur de Brasil, tiene un clima subtropical húmedo, con lluvias durante todo el año, la temperatura mínima llega a ser de  $-5^{\circ}$  y la máxima de  $40^{\circ}\text{C}$ . Estos datos son importantes para entender en qué condiciones están construidas las infraestructuras verdes en esta zona, y saber que la vegetación utilizada debe ser capaz de soportar las temperaturas extremas.



La Universidad cuenta con un laboratorio para infraestructuras verdes, el cual es muy dinámico, pues una vez que un experimento cumple su objetivo se retira para dar lugar a otro. Además, en la Universidad se han implementado biorretenciones o jardines de lluvia y recientemente pavimentos permeables, captación de agua de lluvia y fachadas verdes, con fines de investigación y para controlar la escorrentía generada dentro de las instalaciones.

Sus proyectos de techos verdes fueron motivados por una creciente modificación de leyes y decretos a nivel provincial y municipal en los últimos 10 años, en los que incluyen el uso o la obligatoriedad de dichos sistemas, con la posibilidad de adquirir incentivos. Sin embargo, los servicios ecosistémicos que prevén estas leyes están más relacionadas con el confort térmico, reducción de isla de calor, ampliación de espacios verdes, entre otros, siendo el control de escurrimientos un efecto secundario, dado que para el drenaje pluvial ya existen leyes que utilizan más la infraestructura gris, como las presas de rompepicos.

La Profa. Rutineia Tassi presentó resultados de dos sistemas modelados en laboratorio: techos verdes (de tipo extensivo) y biorretenciones. El techo verde está conformado por tres capas principales, la vegetación, el sustrato y el sistema de drenaje. Este sistema actúa sobre el control de los escurrimientos gracias a su capacidad de retención y reducción

de velocidad del flujo, además mejora la calidad del agua. La biorretención es similar al techo verde, con la diferencia de que este sí permite que se infiltre el agua directamente en el suelo.

La investigación consistió en la evaluación de forma comparativa de las coberturas convencionales impermeables y semi-impermeables, para analizar la capacidad de regulación del escurrimiento y la obtención de coeficientes de escurrimiento para fines de diseño. Se analizó la calidad del agua, si el sistema funcionaría como fuente o sumidero de contaminantes y si el agua podría reutilizarse para algún fin o se requeriría más tratamiento antes de llegar a algún cuerpo de agua. Recientemente están incorporando el análisis combinado de aspectos hidrológicos y desempeño térmico de las coberturas. Además, están investigando los efectos de los tipos de superficies que aportan a las biorretenciones, como pueden ser techos, calles, veredas, etcétera.

Los resultados indican que las coberturas verdes efectivamente redujeron los volúmenes de escurrimiento. Se obtuvieron los coeficientes de escurrimiento de diferentes coberturas las cuales son de alrededor de  $C=43$ , lo que significa que el 57% del agua es retenida en las coberturas verdes; la retención media resultó de 11 mm/m<sup>2</sup>; las coberturas verdes analizadas también redujeron los gastos pico y retrasaron los tiempos en que se presenta el gasto pico.



Se identificó que es posible mejorar la capacidad de retención de las coberturas modificando los sustratos, con lo que llegaron a coeficientes de escurrimiento del 24%. Referente a los estudios de eficiencia térmica de las coberturas, se redujo la amplitud térmica, que además es estable a lo largo del día.

En cuanto a la calidad del agua, se analizaron diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos, en distintos momentos. Comparando los resultados de las coberturas verdes y las superficies impermeables convencionales, se observaron diferencias significativas de color, sólidos totales y disueltos, fosfato, conductividad eléctrica y DBO. Estos resultados son muy útiles para definir estrategias para su reúso, por ejemplo, mejorar las características del medio de crecimiento de la vegetación para mejorar la calidad del agua; tratar el agua proveniente de los techos antes de descargar a un cuerpo de agua, sobre todo por la presencia de fosfato; ser desinfectada dado que en todas las muestras se encontró presencia de *E. coli* o coliformes totales. De acuerdo con la normatividad de Brasil, se determinó que el agua analizada es adecuada para usos no potables, como riego de áreas verdes, descarga en inodoros, limpieza de pisos, entre otros.

Con respecto a las biorretenciones o jardines de lluvia, presentó una que tiene 10 años funcionando, la cual recibe agua proveniente del techo de

un laboratorio de la universidad. Esta no cuenta con drenaje de fondo, por lo que el agua se infiltra. Se encuentra monitoreada en cantidad y calidad del agua. Se observó una reducción en los gastos picos alrededor del 60%.

También presentó una biorretención construida recientemente, la cual es operativa, es decir, que no es de laboratorio, pero es bastante didáctica; recibe el drenaje de un sector de una calle dentro de la universidad, fue construida en acrílico y tiene una tubería para el drenaje de fondo, está monitoreada, y retiene cerca del 95% del escurrimiento que recibe.

Se realizaron análisis del agua que entra y sale de estas biorretenciones. Los resultados muestran que actúa como removedor de contaminantes, pero a la vez son una fuente de color, turbidez y sólidos.

La Dra. Tassi concluyó su intervención con una síntesis de los resultados obtenidos. Tanto con las coberturas vegetales como con las biorretenciones han logrado reducir el volumen de escurrimiento; actúan como sumideros de algunos contaminantes, pero también como fuentes de otros, por lo que están trabajando para mejorar las capas, además, se están logrando beneficios térmicos. Y finalmente, manifestó que también están estudiando las maneras de adaptación de acuerdo con las necesidades locales y la calidad del agua que recibirán.

### 3.5. Sesión 5. Soluciones Basadas en la Naturaleza para la Gestión Hídrica en Latinoamérica - paradigmas, desafíos y oportunidades en América Latina

Dr. Juan Carlos Bertoni

Universidad Nacional de Córdoba (Argentina)

#### Marco Conceptual y Práctico

El concepto de SbN se adoptó en el 8° Foro Mundial del Agua de Brasil, en 2018, a partir de un Informe de las Naciones Unidas: “Soluciones Basadas en la Naturaleza para la Gestión del Agua”. El Concepto básico es tratar de reproducir los procesos naturales en beneficio de la naturaleza y de la sociedad en su conjunto. Esto implica aspectos interdisciplinarios, es decir, la interacción de las áreas sociales y naturales con la ingeniería civil.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) sintetiza que todo el ciclo hidrológico y el ciclo de la naturaleza se interrelacionan para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Este enfoque puede ser implementado en áreas urbanas (ciudades sostenibles) y áreas rurales (uso agrícola, manejo del drenaje agrícola). Algunos de los objetivos y acciones son: la disponibilidad del agua, con la

retención de humedad en el suelo o recarga de acuíferos o en su caso disminuir la elevación de los niveles freáticos a través de los cultivos; la calidad del agua, a través de los humedales; control del escurrimiento urbano y rural, por medio de cubiertas verdes, áreas de almacenamiento; y la reducción de riesgos asociados a las variabilidades del cambio climático, con la restauración de llanuras de inundación.

Se pueden implementar medidas estructurales y no estructurales en los cuatro componentes de las aguas urbanas que son: el abastecimiento de agua, saneamiento, residuos sólidos y drenaje pluvial, y todas éstas junto con el ordenamiento territorial.

En lo que se refiere al drenaje pluvial, en el siglo XIX el enfoque era sanitarista o higienista, y consistía en un drenaje rápido con base en infraestructura gris, principalmente las obras de conducción. Este enfoque generó problemas

ambientales que se detectaron más tarde, por lo que en los setenta nace un enfoque correctivo, que consiste en retener el agua de lluvia donde cae, utilizando infraestructura gris y verde. Actualmente, en el siglo XXI el enfoque es un drenaje sostenible que utiliza mayormente infraestructura verde, sin embargo, a diferencia de los países más desarrollados, América Latina en general sigue teniendo un enfoque sanitario, apoyándose un poco del correctivo.

Las medidas estructurales pueden ser los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SuDS), o llamados de otras formas, como son las urbanizaciones de bajo impacto (LID), que tienen el objetivo de minimizar el impacto de la urbanización en la producción de escurrimiento. Algunos SuDS, que también son SbN, pueden ser techos verdes, cuencas de biorretención, cuencas laterales empastadas, canales urbanos empastados, cunetas vegetadas húmedas, canales empastados con drenaje, pavimentos permeables, entre otros. Una de las prácticas que también ya se está llevando en América Latina es la naturalización de los cauces.

El drenaje urbano o rural se puede clasificar en dos escalas. El macrodrenaje se refiere al drenaje natural de una cuenca, en el cual se construyen obras de drenaje mayores diseñadas para periodos de retorno de 25 a 100 años, por ejemplo, la infiltración en plazas y áreas públicas o almacenamientos de detenciones y retenciones; pero cuan-

do la cuenca es muy grande se tiene que utilizar infraestructura mixta para la planificación de espacios urbanos. El microdrenaje es la infraestructura artificial diseñada regularmente para periodos de retorno de 10 años, el control se realiza principalmente en el origen con obras de infiltración y/o amortiguamiento. Las SbN son aplicables en las dos escalas, aunque mayormente en el microdrenaje.

Cada medida de control tiene su oportunidad de aplicación, influyendo por ejemplo el área de contribución, es decir, a medida que se incrementa el área es más viable aplicar ciertas medidas, por ejemplo, los reservorios que se aplican en extensiones de terreno más importantes. Asimismo, estas medidas dependen de las condiciones del sitio, por ejemplo, un pozo de infiltración se puede aplicar donde el área de contribución no presente arrastre de sedimentos ni contaminantes, y el subsuelo tenga una composición rocosa capaz de infiltrar. Para implementar los cuencos de detención temporal, llamados también vasos de regulación, se aprovechan bajos topográficos naturales o incluso se generan; estos reservorios pueden ser utilizados para fines recreativos como canchas de fútbol.

En cuanto a la gestión del agua en cuencas rurales, en el año 2017 y actualmente en el centro de Argentina se han tenido inundaciones en las áreas agrícolas, por lo que los produc-

tores solicitaban drenes, como única solución. Sin embargo, se ha demostrado que los cultivos pueden ser una alternativa para controlar las inundaciones. Un caso lo tienen en la zona central de Córdoba, Argentina, donde han sistematizado lotes de cultivos para mejorar la infiltración con mayor retención y reducción de la erosión, transporte y deposición.

## Desafíos y oportunidades en América Latina

Varios aspectos son importantes para llevar a cabo la implementación de SbN en América Latina, como son:

- América Latina tiene una gran disponibilidad del agua, el 26% de los recursos del mundo con un 6% de la población, sin embargo, el 23% del territorio son zonas áridas y semiáridas, concentrado más en algunos países como Argentina, Chile y México con el 50% de sus territorios con este clima; otros países con un porcentaje menor pero también importante son Perú, Bolivia y Brasil.
- América Latina tiene una fuerte heterogeneidad estacional de las lluvias, es decir, el 60% de las lluvias en muchas regiones, precipitan durante dos a tres meses.
- América Latina se encuentra entre las regiones del mundo con mayor índice de inundaciones y sequías.
- Se cuenta con un alto grado de urbanización y celeridad de creci-

miento de las ciudades; gran parte de la población está distribuida entre las ciudades, las cuales se pueden clasificar como grandes, intermedias y pequeñas.

- Las ciudades grandes latinoamericanas tienen gran capacidad de gestión y recursos financieros, pero se tienen problemas de contaminación y degradación ambiental, hay equipos técnicos preparados y calificados con nuevos enfoques, por lo que el desafío es mejorar el saneamiento, tratamiento del agua, residuos sólidos y drenaje urbano.
- Existe exclusión, segregación espacial, informalidad y marginalidad, lo que complica el avance en la implementación de SbN.
- En el caso de las ciudades intermedias, los servicios son deficientes; las tarifas, la recaudación y la inversión son bajas; los equipos técnicos no muestran preocupación o interés en cambiar de paradigma.
- En las pequeñas ciudades en general hay mejor calidad de vida, pero menos oportunidades, por lo que la gente migra a las ciudades.
- No se tienen modelos de gestión y de financiamientos novedosos.
- Ahora con la pandemia de la COVID 19 hay una crisis sanitaria y económica que se tendrá que tomar en cuenta para avanzar en este tema. Otras pandemias se han enfrentado en América Latina, como el dengue en la Cuenca



del Plata, situación que desmotivaba la implementación de algunas medidas que almacenan agua.

Para tener éxito en una propuesta no solo se necesita una concepción técnica integrada sino también un modelo institucional moderno y un sistema financiero sustentable. Estas tres aristas deben estar abaladas por una viabilidad política y social. Un modelo de este tipo es un desafío en la gestión de recursos hídricos, inundaciones y la implementación de infraestructura verde.

### ¿Cómo funciona el modelo institucional hoy en día en América Latina?

En la mayoría de los países, un solo gestor se ocupa del agua potable y el saneamiento, mientras que no está definido quien se ocupa del drenaje urbano y rural. Un modelo institucional diferente de gestión económica-financiera

lo tienen varias ciudades de Ecuador, como Guayaquil, donde el mismo gestor se ocupa de las tres componentes. En este modelo intervienen tres instancias (normativa, reguladora y ejecutora) que proveen sustentabilidad de gestión y económica, con recuperación de costos por tarifa y con contribución del Estado para el financiamiento parcial de las obras.

Por otro lado, en la mayoría de los países de América Latina, tanto en las ciudades como en las zonas rurales, el drenaje urbano está inmerso en las obras públicas, que sigue siendo la ingeniería tradicional con infraestructura gris; incluso los municipios realizan inversiones importantes en obra con este enfoque. No obstante, los profesionistas empiezan a tener un enfoque correctivo con infraestructura mixta, pero la mayoría son ingenieros civiles, y para la implementación de infraestructura verde se requieren equipos inter-



disciplinarios. Los enfoques novedosos los llevan adelante las universidades e institutos, donde labora personal con mayor capacitación, pero logran poca aplicabilidad, por lo que es necesario ligar estos dos sectores.

En la literatura encontramos muchos manuales de drenaje con el enfoque gris, pero también ya existen los de bajo impacto, mayormente en inglés, y algunos en español, como el libro *Inundaciones urbanas y cambio climático* y el *Manual para el drenaje urbano de Guayaquil*. Estos nuevos manuales nos ayudan a que los profesionistas se vayan aproximando a los nuevos enfoques, pero también es necesario formarlos desde las universidades.

### ¿Cómo podría ser un sistema financiero sustentable?

En Estados Unidos se han desarrollado empresas municipales de drenaje que se basan en un sistema tarifario, que tiene que ver con el porcentaje de áreas impermeables o incentivos por el desarrollo de infraestructura verde para el control del escurrimiento. Otro ejemplo, en Santa Fe, Argentina, a los vecinos que están al corriente con sus impuestos municipales, el municipio les construye una banqueta con un espacio verde que, aunque no aporta mucho al control del escurrimiento si va concientizando a la gente.

Para terminar el Dr. Bertoni presentó una matriz F.O.D.A.

**Amenazas.** En América Latina se tiene una gran capacidad de improvisación, lo cual es un problema dado la falta de planificación.

**Debilidades.** Cultura arraigada de buscar a un culpable, y nadie se hace responsable del tema de las inundaciones, cuando en realidad todos son responsables.

**Fortalezas.** Instituciones con conocimiento, herramientas tecnológicas y población o profesionistas con potencial.

**Oportunidades.** Hay una conciencia ambiental de la población que está aumentando. Es importante proponer estrategias mixtas con soluciones rápidas, y conscientes de que la infraestructura verde es muy importante para el control en el origen, en el microdrenaje; y complementario más que paisajístico, en el macrodrenaje.

Como reflexión final el Dr. Bertoni comentó que los factores que implican el drenaje urbano son muy similares en toda América Latina. Que tanto los académicos como los gestores deben cambiar la visión de los problemas y traducirlo en una oportunidad para este cambio progresivo, que llevará tiempo realizarlo, por lo que hay que ser perseverantes.



# 4. CONCLUSIONES


Con base en las ponencias, se identifican como conclusiones principales las siguientes:

Para la implementación y el éxito de las SbN es necesario tomar en cuenta diferentes factores de acuerdo a las condiciones de cada lugar y problemática que se requiere resolver. Un ejemplo de éxito es la ciudad de Hermosillo, donde están utilizando SbN para enfrentar los problemas de calor extremo, de arrastre de polvos contaminados y las inundaciones, a la vez que se están mejorando y ampliando los servicios ecosistémicos.

Las SbN juegan un rol importante para prevenir, conservar y promover el uso sustentable de la naturaleza, esto requiere de recursos hídricos disponibles. Las áreas naturales protegidas proporcionan las principales fuentes de agua para su aprovechamiento, además que disminuyen la vulnerabilidad de riesgos por fenómenos meteorológicos, son una fuente importante de actividades económicas y contienen un valor cultural y espiritual. México cuenta con 182 ANP, que son administradas por la CONANP.

El aprovechamiento de espacios en zonas urbanas para fomentar el deporte y la cultura es importante para el bienestar social, sin embargo, esto debe desarrollarse de manera estratégica adaptándose a la naturaleza para obtener múltiples beneficios. Por lo que es fundamental desarrollar los proyectos urbanos utilizando SbN, como es el caso de los espacios públicos “Parque hídrico la Quebradora, Iztapalapa, CDMX”, “Arroyo Xicoténcatl, Tijuana” y “Represo Colosio, Nogales, Arizona”, en los cuales el manejo de los escurrimientos fue primordial.

El campo de la investigación es requerida para continuar mejorando las soluciones basadas en la naturaleza, ya sea de forma experimental en



laboratorio o implementaciones en campo, cuyos resultados son útiles para cuestiones de diseño, tal como los experimentos que se realizan en la Universidad Federal de Santa María (Brasil), para mejorar el desempeño de los techos verdes y biorretenciones en cuanto a la retención del escurrimiento, calidad del agua y eficiencia térmica. Asimismo, el desarrollo de nuevas técnicas basadas en la naturaleza se puede sumar al conocimiento, como la propuesta de mejorar los cultivos para aumentar la capacidad de infiltración y por ende disminuir los volúmenes de escurrimiento.

Un gran reto en Latinoamérica es la participación conjunta de los diferentes actores involucrados en el tema, para que se logre la adopción de las SbN, como son: las instancias normativas, los tomadores de decisión, los desarrolladores, los docentes e investigadores y la sociedad en general, para lo cual además de una concepción técnica integrada también se requiere contar con un modelo institucional moderno y un sistema financiero sustentable.

Existen manuales para el diseño de infraestructura de bajo impacto, la mayoría en inglés, aunque ya hay algunos en español, sin embargo, este tipo de seminarios son de gran utilidad para difundir el conocimiento y fomentar el cambio de paradigma en la gestión hídrica. Este evento fue muy enriquecedor, tanto por la parte conceptual como por las experiencias de éxito que compartieron los colegas de diferentes partes de Latinoamérica.



*Seminario virtual:*  
**SOLUCIONES BASADAS EN LA  
NATURALEZA PARA LA GESTIÓN  
HÍDRICA EN LATINOAMÉRICA**



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA