



VOLCÁN DE FUEGO
MONTAÑA DE AGUA



JARDINES DE LLUVIA



MANUAL

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE JARDINES INFILTRANTES

PARA EL ESTADO DE COLIMA



GOBERNADORA CONSTITUCIONAL DEL ESTADO DE COLIMA

Mtra. Indira Vizcaíno Silva

ELABORADO POR:

Instituto para el Medio Ambiente y
Desarrollo Sustentable

DIRECCIÓN GENERAL

Esp. Angélica Lizeth Jiménez Hernández
Ing. Brenda Guadalupe Rodríguez

DIRECCIÓN DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS Y AMBIENTALES

M. en Arq. Laura Alejandra Villaseñor Cortés
Lic. Luis Emilio Mancilla Grageda
Biól. Carmen Araceli Zamora Velázquez
Arq. Miguel Antonio Magaña Valdovinos

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

Biól. Hermes Horacio Celis Ortega
Biól. Ángel Eduardo Galeana Pérez

COORDINACIÓN DE COMUNICACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

Lic. Carlos César Ruíz

PRACTICANTE DE INGENIERÍA CIVIL

Alexis Jesús Alcaraz Alfaro

COLECTIVO JARDINES DE LLUVIA

Arq. Erika Michell Ochoa Nuño
Ing. Luis Enrique Jiménez Campos

DISEÑO EDITORIAL

LDG. Fabián Mendo Ramos

FOTOGRAFÍA DE PORTADA

Cristian Ulises Villa Villicaña

CONTENIDO

Introducción	05
Antecedentes	07
Objetivo general	07
Jardines de lluvia	10
Características de los sitios recurrentes de inundación en Colima	14
Diseño de jardín de lluvia	23
Componentes del jardín de lluvia	28
Mantenimiento de los jardines de lluvia	35
Participantes	36
Conclusiones	39
Anexo	42
Bibliografía	43

GLOSARIO

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
Ñ
O
P
Q
R
S
T
U
V
X
Y
Z

Acuífero

Un acuífero se define como una formación geológica que está constituida por una o más capas de rocas, capaz de almacenar y ceder el agua.

Cuenca

Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por montañas o cerros donde se concentran todos los arroyos y/o ríos que se juntan y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago o el mar.

Escorrentía

Proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua de lluvia por la red de drenaje natural o artificial hasta alcanzar la red fluvial. La escorrentía es uno de los procesos básicos que se incluye en el ciclo del agua.

Escurrimientos Pluviales

El agua proveniente de la lluvia que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca, ya sea a un cuerpo de agua o al mar.

Isla de calor

Es un fenómeno que sucede en las ciudades, se refiere a la presencia de aire más caliente en ciertas zonas de ciudad, a diferencia del que se encuentra en las zonas rurales que lo rodean.

Mimetizar

Se refiere a la capacidad que se tiene para adoptar la apariencia de los seres vivos u objetos del entorno.

Percolar

La percolación se refiere al paso lento de fluidos a través de materiales porosos.

Permeable

Que puede ser penetrado o traspasado por el agua u otro fluido.

Resiliencia

La resiliencia se define como la capacidad de un sistema para mantener funciones y procesos clave ante tensiones o presiones al resistirse y luego recuperarse o adaptarse al cambio.

Subsuelo

El subsuelo es la capa de suelo debajo de la capa superficial de la tierra.

Sustrato

Un sustrato es un medio sólido e inerte, que protege y da soporte a la planta para el desarrollo de la raíz en las hortalizas y flores, permitiendo que la solución nutritiva se encuentre disponible para su desarrollo.

INTRODUCCIÓN

En los recientes años, se ha observado que Colima es una entidad en constante crecimiento, sobre todo en las ciudades principales como Colima, Villa de Álvarez y Manzanillo, lo que ha traído consigo diversos retos urbanos de degradación de los ecosistemas y la pérdida de la capacidad de infiltración de agua a los acuíferos, pero uno muy claro, es el que cada año vivimos: las inundaciones pluviales.

Para dar respuesta a lo anterior es fundamental la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para reducir riesgos y ser más resilientes ante el Cambio Climático. En este caso, se presenta una alternativa con jardines infiltrantes, los cuales, se ha comprobado que generan un beneficio ecosistémico y al mismo tiempo reducen los riesgos de inundaciones pluviales, disminuyen los costos asignados a la reconstrucción de avenidas dañadas, aportando un porcentaje de captura de agua al subsuelo, mejorando las condiciones de los acuíferos estatales.



Créditos de de la imagen: Christian Villaña

ANTECEDENTES

En los últimos años, se han incrementado las zonas de impermeabilidad por las construcciones que dan un paisaje gris y que reducen los escurrimientos pluviales naturales y las áreas de infiltración para los acuíferos. Dicha acción, tiene como consecuencia la generación de un desequilibrio ambiental y urbano, en ésta última teniendo cada vez más inundaciones pluviales (sobre todo en puntos específicos como las zonas aledañas a ríos y arroyos), falta de espacios públicos, problemas en la movilidad, reducción y afectación a los cuerpos de agua (ríos, arroyos, lagos y lagunas).

Dado a que las soluciones de infraestructura gris, no han brindado la solución completa para dar una adecuada funcionalidad y evitar las inundaciones, presentamos este impulso verde para el desarrollo de ciudades sostenibles y amigables con la naturaleza.

Justificación

Existe un creciente interés de los distintos sectores para impulsar, desarrollar e implementar sistemas sostenibles, que son capaces de mejorar la calidad de vida de las personas al proporcionar distintos servicios ambientales en áreas urbanas, de los cuales destacan los jardines infiltrantes. Sin embargo, la implementación de estos jardines pueden llegar a estar faltos de elementos necesarios para su función. Por lo que es necesario la publicación de un manual que contenga de forma sencilla, los elementos necesarios para poder realizar jardines infiltrantes funcionales.

OBJETIVO GENERAL

Brindar los aspectos básicos y esenciales que permitan al usuario implementar un jardín infiltrante, el cual es un modelo de Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS), y con ello reducir los volúmenes de agua pluvial, los cuales generan inundaciones puntuales en el Estado de Colima, y son causantes de pérdidas económicas y cuantiosos daños materiales.



JARDINES
DE LLUVIA

JARDINES DE LLUVIA

Los jardines de lluvia (JLL), son un Sistema Urbano de Drenaje y se definen como espacios de retención, captación e infiltración de agua pluvial. Se componen de capas permeables en el suelo que acelera la velocidad de infiltración, estos cumplen con una doble función: la de retener e infiltrar el agua de lluvia. Dado lo anterior, estos pueden colocarse en diferentes tipos de suelo, aunque es preferible su colocación en un suelo permeable (SEDATU, 2018).

OBJETIVOS DE LOS JARDINES DE LLUVIA:

- ✓ Reducir la velocidad y los volúmenes totales de escurrimiento al ser un espacio que facilita la captación e infiltración de agua de lluvia.
- ✓ Mejorar la calidad de las aguas debido a que sus componentes funcionan como un filtro de contaminantes.

BENEFICIOS QUE APORTAN A LA CIUDADANÍA:

- ✓ Disminuyen las inundaciones.
- ✓ Embellece paisajes.
- ✓ Atenuación de la isla de calor urbano.
- ✓ Mejora de la calidad de aire.

BENEFICIOS DE LOS JARDINES DE LLUVIA

AMBIENTALES

- ✓ **Infiltran** grandes cantidades de agua pluvial al suelo.
- ✓ **Actúan como filtro**, reteniendo gran parte de los contaminantes evitando que lleguen a las aguas subterráneas.
- ✓ **Proporcionan áreas vegetales** que brindan mejoras al microclima urbano y disminuyen las islas de calor.
- ✓ **Proveen un hábitat** para aves e insectos benéficos, los cuales son indispensables en las cadenas tróficas y en los procesos de polinización de los ecosistemas saludables.

SOCIALES

- ✓ Aproximan a la población urbana a los **procesos cíclicos naturales**.
- ✓ **Crean espacios** para el encuentro en los que se fomenta la interacción social.
- ✓ **Embellecen espacios de paisajes** urbanos creando una perspectiva de armonía.

ECONÓMICOS

- ✓ **Reducen la inversión pública** en infraestructura de drenaje pluvial al resultar altamente rentables.
- ✓ Son una estrategia de **prevención contra las inundaciones urbanas**, lo que puede representar una reducción de los costos de mantenimiento y brindando efectos a largo plazo.

INFRAESTRUCTURA URBANA

- ✓ **Complementan** la red de drenaje convencional.
- ✓ **Adaptan el drenaje** urbano al ciclo hidrológico natural.
- ✓ **Mimetizan** las estructuras de manejo pluvial.
- ✓ **Disminuyen el volumen y la velocidad de la escorrentía de agua pluvial** en los sistemas de drenaje convencionales, protegiendo dichas estructuras y prolongan su vida útil.
- ✓ **Aumentan la cantidad de áreas verde** permeables presentes en las ciudades.

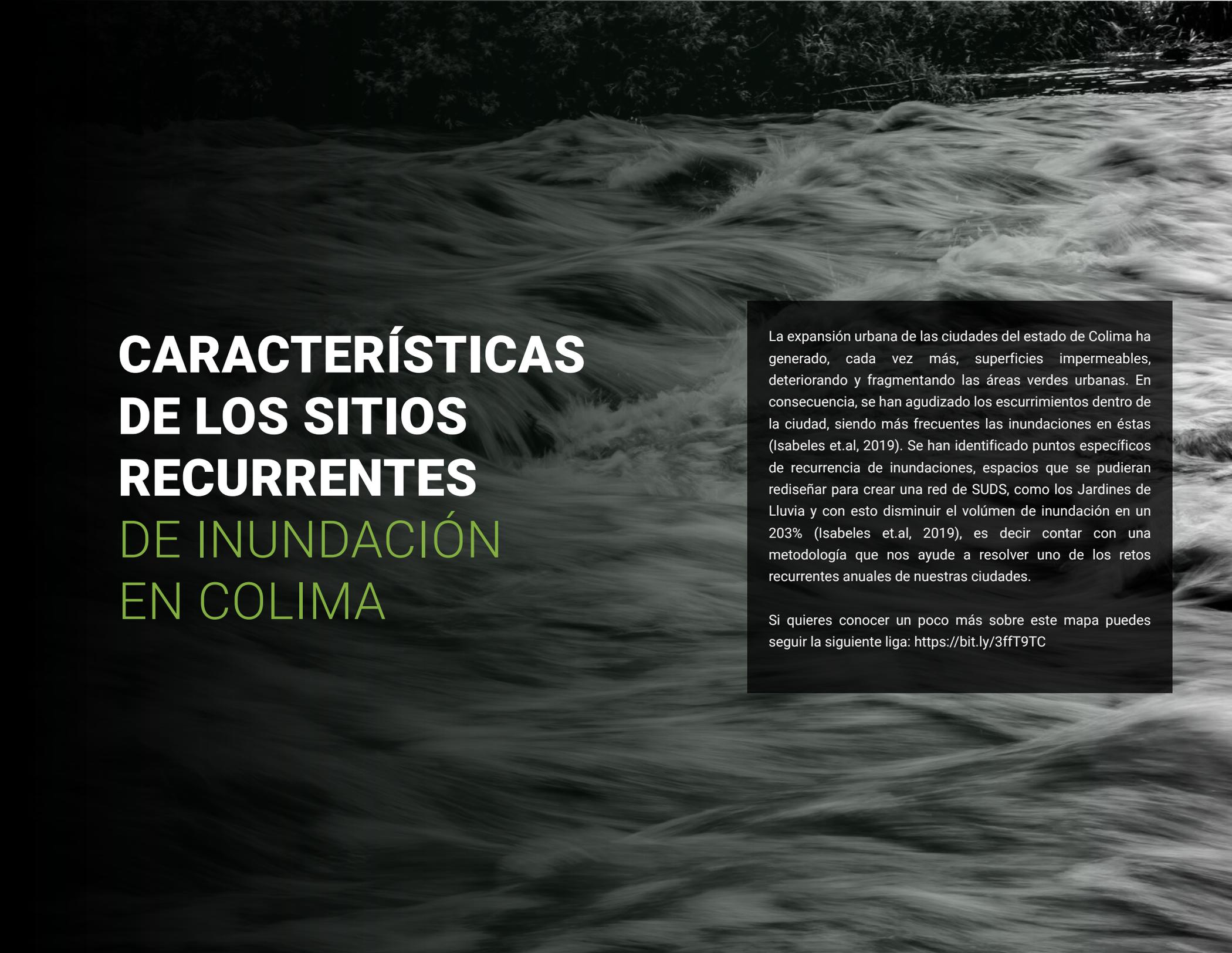
Fuente: Elaboración propia con información de Badiillo Ornales , 2017.

AL PAISAJE URBANO

- ✓ Entienden al **paisaje como parte de la infraestructura** de las ciudades.
- ✓ **Aprovechan los escurrimientos pluviales** en pequeños sistemas que los utilizan como fuente de subsistencia, haciendo un mejor uso del recurso.
- ✓ **Crean un paisaje integral** que entiende y respeta el ciclo hidrológico dentro de las urbes.
- ✓ **Mejoran el paisaje urbano y recuperan entornos naturales** dentro de las ciudades, aumentando la calidad de vida de los habitantes.
- ✓ Son una **estrategia paisajista** para ser aplicada en remanentes urbanos o áreas subutilizadas, añadiendo valores estéticos y ecológicos.



Créditos de de la imagen: Angelica Jiménez.

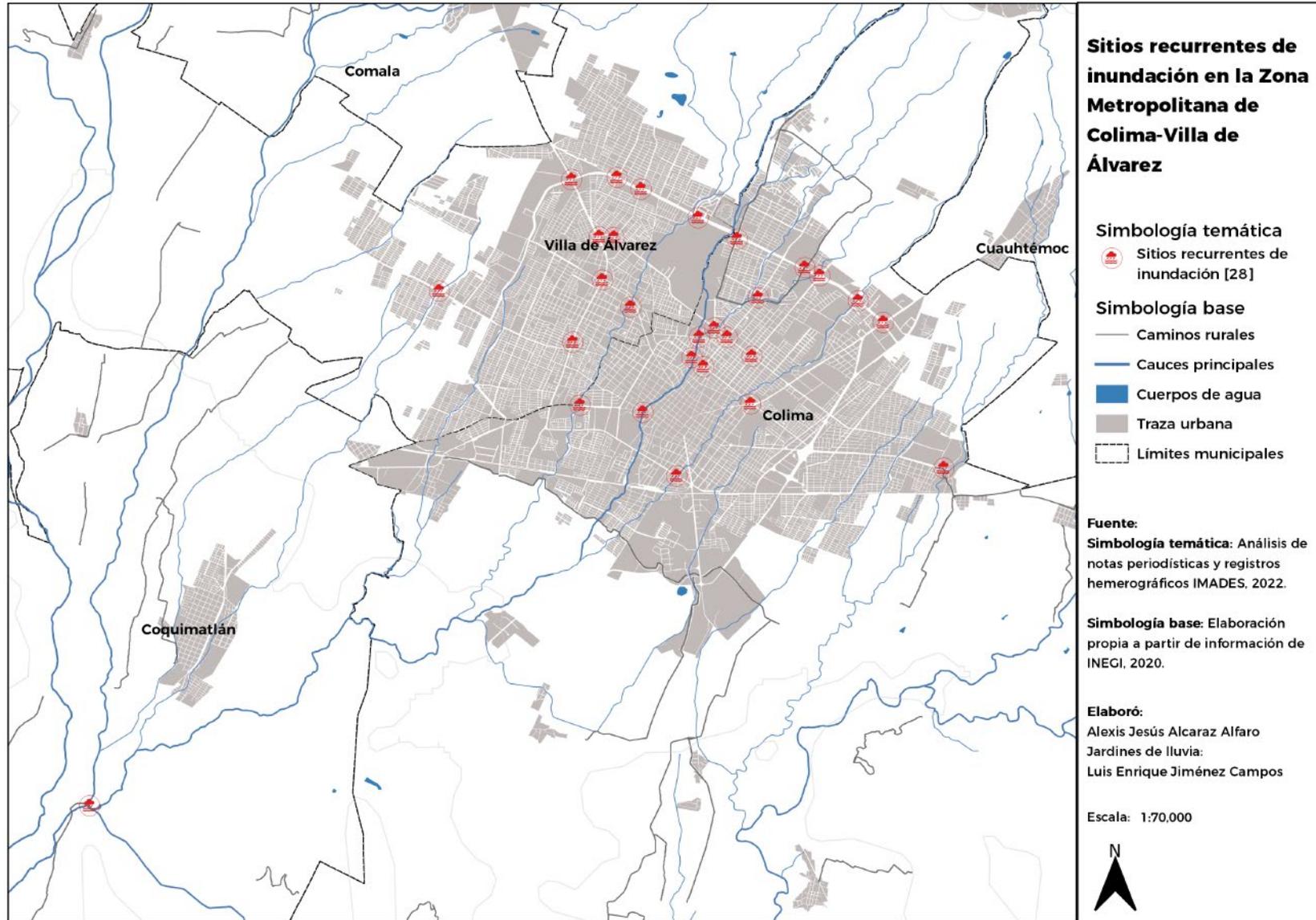


CARACTERÍSTICAS DE LOS SITIOS RECURRENTES DE INUNDACIÓN EN COLIMA

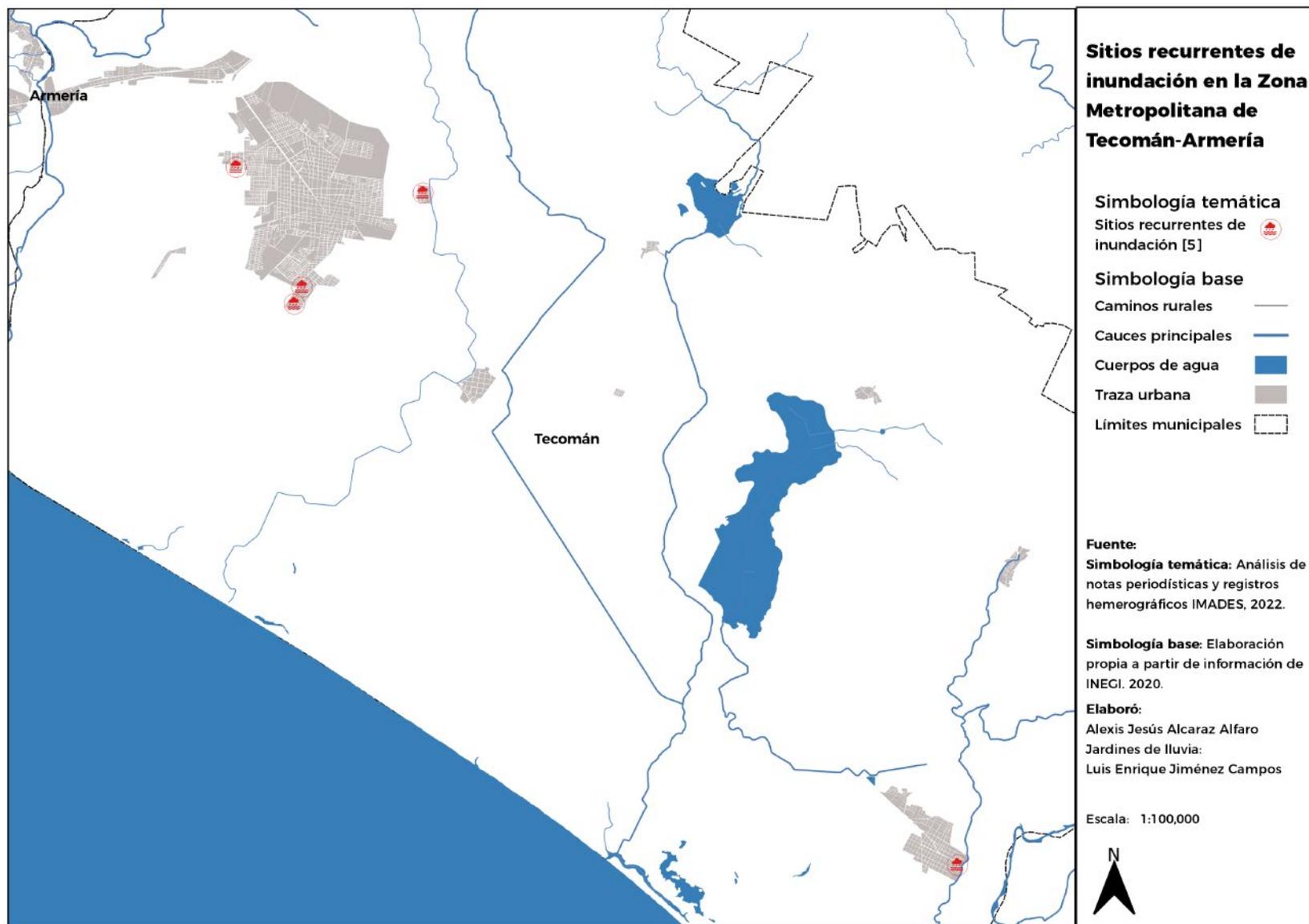
La expansión urbana de las ciudades del estado de Colima ha generado, cada vez más, superficies impermeables, deteriorando y fragmentando las áreas verdes urbanas. En consecuencia, se han agudizado los escurrimientos dentro de la ciudad, siendo más frecuentes las inundaciones en éstas (Isabeles et.al, 2019). Se han identificado puntos específicos de recurrencia de inundaciones, espacios que se pudieran rediseñar para crear una red de SUDS, como los Jardines de Lluvia y con esto disminuir el volúmen de inundación en un 203% (Isabeles et.al, 2019), es decir contar con una metodología que nos ayude a resolver uno de los retos recurrentes anuales de nuestras ciudades.

Si quieres conocer un poco más sobre este mapa puedes seguir la siguiente liga: <https://bit.ly/3fft9TC>

SITIOS DE RECURRENTE INUNDACIÓN EN LA ZONA CONURBADA DE COLIMA-VILLA DE ÁLVAREZ

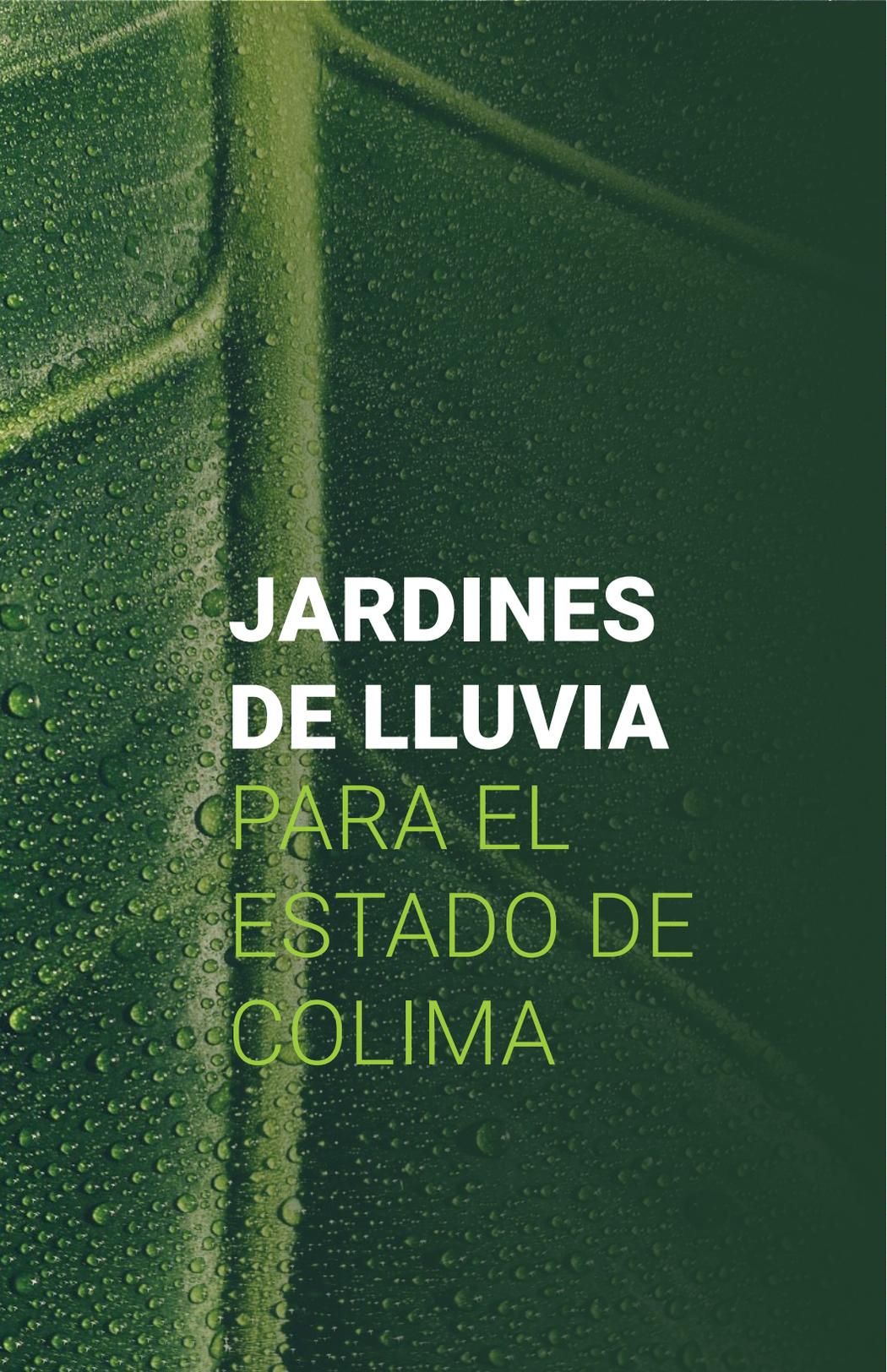


SITIOS DE RECURRENTE INUNDACIÓN EN LA CIUDAD DE TECOMÁN.



SITIOS DE RECURRENTE INUNDACIÓN EN LA CIUDAD DE MANZANILLO.





JARDINES DE LLUVIA

PARA EL ESTADO DE COLIMA

DISEÑO DE JARDÍN DE LLUVIA

Los jardines de lluvia diseñados para el Estado de Colima deberán de cumplir la doble función de retener e infiltrar el agua generada en un evento hidrológico, así como, contar con plantas y arbustos de un jardín polinizador. El diseño generado cuenta con la aplicación de diferentes tipos de suelos permeables para propiciar la infiltración del agua de lluvia.

ETAPAS PARA GENERAR UN JARDÍN DE LLUVIA

1. Conceptualización

La etapa de conceptualización consiste en el conocimiento de la problemática, así como determinar las características ambientales, sociales, económicas, culturales y urbanas de la zona de estudio, generando con esto la identidad del proyecto. Esta identidad es importante para que la ciudadanía se apropie de la intervención, por lo que las características culturales deben reflejarse en el diseño. Es aquí donde comienza a cobrar relevancia la participación ciudadana en la concepción del proyecto. Se recomienda revisar el Manual del Proceso Participativo para el Diseño de Espacios Públicos que presenta el Instituto de Planeación para el Municipio de Colima (IPCO, 2014), ya que ha sido probado con éxito en el contexto local. En complemento, y para entrar en materia de calles verdes, se recomienda la revisión del Manual de calles: diseño vial para ciudades mexicanas (SEDATU, 2019, p. 270).



Créditos de de la imagen: Jardines de lluvia.

2. Planteamiento técnico constructivo y urbano ambiental

La segunda etapa consiste en conocer las condiciones urbanas y ambientales con las que se pretende generar el proyecto, con el fin de adquirir bases técnicas sólidas.

Un punto esencial en el estudio de las inundaciones son las características topográficas del sitio del proyecto, por lo que se deberá contar con un levantamiento topográfico detallado. Por su parte, para entender los flujos del agua de lluvia en la zona se deberá realizar un análisis hidrológico, tomando como referencia, al menos, los parámetros de diseño de la infraestructura pluvial convencional, como es el periodo de retorno de las bocas de tormenta. La suma de estos análisis debe llevarse a cabo mediante una modelación hidráulica de los escurrimientos. Para ello se recomienda el uso del software de EPA-SWMM, que presenta la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, y que incluye módulos de diseño con SUDS. Esta modelación nos ayudará a conocer las cantidades de agua que transitan en nuestro sitio de estudio, bajo las condiciones de lluvia establecidas y las características del medio urbano (usos de suelo).

3. Proyecto piloto.

Teniendo las dimensiones de las jardineras, se deberá de generar un proyecto piloto en un punto clave de la zona, de preferencia la que tenga la menor cota de elevación, la cual servirá para evaluar la funcionalidad de este sistema, y de esta manera, poder corregir aspectos técnicos y paisajísticos. Este punto es de gran importancia para la generación de una retroalimentación.

4. Seguimiento y evaluación del proyecto piloto.

En este apartado se da un seguimiento y una evaluación del proyecto piloto aplicado. Se deberá de realizar una evaluación comunitaria para proponer las mejoras de ubicación y de diseño de jardín, acorde a las necesidades y preferencias de las personas que conviven con el entorno. Una forma de evaluar el funcionamiento hidráulico es mediante las pruebas de percolación, para conocer la capacidad de infiltración del elemento, así como la instalación de piezómetros, que ayudarán a supervisar los niveles del agua en los mismos.

5. Escala urbana.

Dentro de este apartado del proyecto, se llevarán a cabo las actividades para la ubicación de los sitios en donde se aplicará el sistema, así mismo, se generarán las condiciones de participación con los diferentes entes interesados para realizar el proyecto a escala mayor.

6. Modelo de gestión.

Para generar una evaluación constante, así como propiciar las condiciones de mantenimiento y conservación de los jardines de lluvia, es necesario integrar un modelo de gestión, que esté conformado por las autoridades locales, la academia, empresas y la ciudadanía, para de esta manera, contar con una red de jardines infiltrantes en buen estado, y en un funcionamiento adecuado que brinden los servicios para los que fueron concebidos.



COMPONENTES



Sustrato tipo 01

Sustrato tipo 02

Capa drenante

Sustrato para vegetación

Sustrato existente

Vegetación endémica

Machuelo existente

Jardín de lluvia con drenaje

COMPONENTES DE JARDÍN DE LLUVIA

COMPONENTE	NECESIDAD	MEDIDAS	NECESIDADES
IDENTIFICAR EL ESPACIO A INTERVENIR	Básico	Las permitidas por el camellón o jardín	Analiza las zonas con los ayuntamientos y con el mapa de inundaciones para que sean funcionales
REALIZAR ESTUDIOS DE INFILTRACIÓN	Básico	Ver anexo: medir la percolación*	Influye en los criterios de diseño del jardín
TRAZO Y NIVELACIÓN DEL TERRENO	Básico	Estimar las medidas por área del espacio disponible	Aquí se definen elementos que contendrá el jardín, así como la delimitación de las zanjas y niveles.
EXCAVACIÓN	Básico		Los niveles de las zanjas, arrojarán los estudios técnicos
ENTRADA DE AGUA	Básico	Mínimo 40 cm de ancho en la base.	Necesarias para el acceso del agua al jardín.
CAPAS	Básico	Hacer la excavación de toda el área destinada al jardín infiltrante	Verificar cruce de tuberías de sistemas de energía o agua.
GEOTEXTIL	Básico	En toda la zona de excavación.	Necesaria para evitar la extensión de raíces.
MEMBRANA IMPERMEABLE	Opcional	Mínimo 1 mm de grosor.	No es necesaria cuando se determina que no existe riesgo de afectación a estructuras colindantes.
CAPA DRENANTE	Básico	90 cms (dependerá de los cálculos de percolación y mm de lluvia)	40% de grava, 60% de piedra tezontle o similar con alta porosidad.
SUSTRATO	Básico	20 cms	50% y 50% de fibra de coco.
SUSTRATO 2	Básico	20 cms	Tierra tamizada más la tierra excedente del sitio, que será compactada con pisón de mano

COMPONENTE	NECESIDAD	MEDIDAS	NECESIDADES
ACOLCHADO	Básico	Mínimo 5 cm	Necesario para reducir la evaporación y mejorar las condiciones de la vegetación, puede ser hojarasca o cualquier otro material vegetal.
SALIDA DE AGUA	Básico	Rejilla de 60cms de ancho por la altura del machuelo (a cada lado)	Se necesita un desfogue para cuando la cantidad o velocidad de agua rebase la capacidad de infiltración del sistema.
TUBERÍA PERFORADA	Opcional	Min 7.5 cm de diámetro.	A utilizarse cuando se busca recuperar y aprovechar agua de lluvia.
POZO DE OBSERVACIÓN	Opcional	Min 5 cm de diámetro y largo de la profundidad máxima de la técnica.	Son necesarios en caso de establecerse un programa de monitoreo.

EN CASO DE SISTEMA DE TERRAZAS

CONFORMACIÓN DE BORDO(S) Y TERRAZA(S)	Básico	Hacer medidas a curvas de nivel.	
RECUBRIMIENTO DE TALUDES CON ROCA	Básico	Mínimo 10 centímetros de diámetro	Para evitar erosión
CONFORMACIÓN DE FILTRO(S) DE SEDIMENTOS	Básico		
CONFORMACIÓN DE FRANJA-FILTRO		Mínimo 30 cm de grosor.	Ayuda a retener sedimentos y evitar que fluyan fuera de la técnica.

COMPONENTES DE JARDÍN DE LLUVIA

COMPONENTE	NECESIDAD	MEDIDAS	NECESIDADES
COLOCACIÓN DE LA VEGETACIÓN PARA AMBOS CASOS	Básico	3 plantas por m ³	Utilizar plantas con flores adaptadas a la región para tener un jardín polinizador
PLANEACIÓN DE VEGETACIÓN Y CONFORMACIÓN DE ESPACIOS PARA CADA PLANTA	Básico	Un cajete por planta.	
RECUBRIMIENTO CON ACOLCHADO	Básico	5 cms por planta.	Para asegurar la retención de humedad
PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.	Básico	A inicios de la temporada de lluvia y al finalizar.	Esto permitirá realizar ajustes al sistema
ELEMENTOS DECORATIVOS Y/O URBANOS	Opcional	Esta depende del diseño.	En ocasiones se colocan piedras decorativas o elementos de mobiliario urbano.

Para más información sobre cálculos, puedes revisar el manual de lineamientos de diseño de infraestructura verde para municipios Mexicanos en el siguiente enlace: <https://bit.ly/3Skc0zG>.





Créditos de la imagen: Angélica Jiménez.

MANTENIMIENTO

El mantenimiento de los jardines infiltrantes es fundamental para asegurar su correcto funcionamiento, así como para alargar la vida útil de los mismos. Para esto, es esencial que se genere un mantenimiento rutinario que incluye la poda, deshierbe, riego de los primeros tres años en temporada de seca, entre otras. Adicionalmente es fundamental generar limpieza periódica de la entrada de agua, antes y después de la temporada de lluvia, así como limpieza de filtro de sedimentos.

PARTICIPANTES

ROLES Y CONTRIBUCIONES

¡Hazlo participativo!

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA DE JARDINES DE INFILTRACIÓN (SUD'S).

	PARTICIPANTES	ROLES Y CONTRIBUCIONES
COLABORACIÓN DE DEPENDENCIAS MUNICIPALES	<ul style="list-style-type: none"> — H. Ayuntamientos — Dirección de Obras Públicas — Dirección de Ecología 	<ul style="list-style-type: none"> • Generar las condiciones físicas y técnicas para la implementación de Infraestructura Verde. • Presentar acciones de mejoramiento urbano a partir de la intervención de Infraestructura Verde. • Monitorear el funcionamiento correcto de las instalaciones de los Jardines de Lluvia. • Realizar el correcto mantenimiento, riego y acciones adicionales para la conservación de los jardines de lluvia. • Presentar iniciativas para transitar hacia un entorno de mejoramiento urbano a partir de infraestructura verde.
ACOMPAÑAMIENTO DE INSTITUCIONES NACIONALES	<ul style="list-style-type: none"> — CONAGUA 	<ul style="list-style-type: none"> • Presentar acompañamiento directo en el diseño de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) así como de su implementación. • Planificar las acciones a realizar. • Dotar de información técnica para la evaluación de los Jardines de Lluvia. • Dar seguimiento en la evaluación

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA DE JARDINES DE INFILTRACIÓN (SUD'S).

	PARTICIPANTES	ROLES Y CONTRIBUCIONES
ACOMPAÑAMIENTO DE DEPENDENCIAS ESTATALES	<ul style="list-style-type: none"> — IMADES — SEIDUM — CEAC — Organismos Operadores de Agua — Cultura 	<ul style="list-style-type: none"> • Impulsar políticas públicas que regulen y fomenten la instalación de SUDS • Desarrollo de anteproyecto ejecutivo. • Financiamiento de SUD's • Dotar de técnicas para la aplicación de jardines infiltrantes. • Mapeo de sitios óptimos de aplicación. • Seguimiento de la aplicación. • Monitoreo de resultados. • Dotación de plantas. • Instructivo para la implementación de un jardín para polinizadores en el Estado de Colima
ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO Y ACADÉMICO	<ul style="list-style-type: none"> — Universidad de Colima — Tecnológico de Colima — Academia — Expertos en el tema 	<ul style="list-style-type: none"> • Guiar dentro de los aspectos técnicos de la implementación de Infraestructura Verde. • Proporcionar información referente a la aplicación de jardines verdes. • Realizar pruebas, para conocer la capacidad real de infiltración dentro del Estado de Colima. • Dotar de las herramientas técnicas y humanas para la aplicación. • Generar información referente al contexto estatal y regional. • Dotar de diseño tanto arquitectónico, como de ingeniería para el diseño de jardines de lluvia en lugares estratégicos en el estado.
ACOMPAÑAMIENTO LOCAL E INTERNACIONAL	<ul style="list-style-type: none"> — Expertos locales — Expertos nacionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorear las acciones propuestas. • Evaluar los sitios de aplicación de la técnica
IMPLEMENTADORES PRIVADOS DE LAS TÉCNICAS	<ul style="list-style-type: none"> — Cámaras empresarias de la Construcción 	<ul style="list-style-type: none"> • Impulsar entre sus colaboradores la implementación de las técnicas de infraestructura verde • Definir políticas internas de sistemas de construcción sustentables



CONCLUSIONES

La gestión integrada de espacios públicos con proyectos interactivos y de funciones diversas puede dar respuesta a muchos de los retos que enfrentan las las urbes actualmente. Uno de estos proyectos que se busca implementar son las infraestructuras verdes, que funcionan como espacios de conservación, restauración y conexión de los sistemas naturales dentro del ambiente urbano y, al mismo tiempo, proveen de diferentes beneficios sociales, económicos, ambientales y culturales. Los jardines de lluvia, forman parte de estas infraestructuras, tienen la capacidad de infiltrar el agua de lluvia y al mismo tiempo proporcionan espacios para la subsistencia de diferentes animales y embellecen los espacios urbanos.

Este manual funciona como respuesta a las voluntades de diferentes actores, que buscan hacer la diferencia para lograr una planificación urbana que incluya la gestión integral de los recursos hídricos, lo que permitirá la mitigación de los impactos del cambio climático de forma armónica con las necesidades actuales.



PROCEDIMIENTO PARA MEDIR LA PERCOLACIÓN

Para realizar una prueba de percolación se siguen los siguientes pasos (manual de lineamientos de diseño de infraestructura verde para municipios Mexicanos):

1. Se excava una cavidad que tenga 30 centímetros de profundidad y un diámetro de 40 centímetros.
2. Se procede a saturar de humedad la cavidad. Esto se logra llenándola de agua y dejando que se infiltre totalmente tres veces.
3. Se coloca una cinta métrica o regla verticalmente dentro de la cavidad de forma que se pueda apreciar la medición de profundidad.
4. Posteriormente, se llena la cavidad totalmente con agua y se registra el tiempo que el agua tarda en bajar por centímetro.
5. Se vuelve a repetir el procedimiento de llenado hasta que los tiempos de infiltración (2 o más veces) sean aproximadamente iguales.
6. Se registra la medida, por ejemplo 14 minutos por centímetro. Esta cifra se puede convertir a metros por día; 1.02 m/día.

Ayuntamiento de Valencia. (2021). Guía Básica para el diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la ciudad de Valencia . Valencia, España : Ayuntamiento de Valencia.

Ayuntamiento de Mérida. Propuesta de sistemas Urbanos de Drenaje Pluvial Sostenible para Mérida . Mérida, Yucatán : Ayuntamiento de Mérida.

Badillo Ornales , C. (2017). Jardines de Lluvia una estrategia paisajística para aprovechar el agua pluvial de las ciudades caso de estudio: Azcapotzalco. Ciudad de México : UAM-Azcapotzalco .

IMPLAN Hermosillo. (2017). Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos . Hermosillo, Sonora : IMPLAN Hermosillo .

Instituto de Planeación para el Municipio de Colima (IPCO). (2014). Manual del Proceso Participativo para el Diseño de Espacios Públicos.

Jardines de Lluvia A.C. (2021). Jardines de Lluvia. Colima, México.

Salazar Sabas , O. (2017). SUDS: Aplicación práctica a un tramo del Paseo Miguel de la Madrid Hurtado en la ciudad de Colima, Colima. Colima, México. Universidad de Colima .

SEDATU. (2018). Manual de calles. Diseño para ciudades mexicanas. México: SEDATU-BID.

SEDATU. (2019). I. Hoja de Ruta. Implementación de infraestructura verde como estrategia para la mitigación y adaptación al cambio climático en ciudades mexicanas. . México : SEDATU.

SIAPA. (2014). Infiltración Pluvial . Guadalajara, Jal. : SIAPA .

United States Department of Agriculture. (2011). Los jardines de Lluvia. Iowa: USDA.

Isabeles K.G., Olavarría A.M., Quintanilla-Montoya, A.L. y Ríos, J. (2019). Adecuación metodo- lógica para el manejo de aguas pluviales en la Ciudad de Colima, México. Tecnura, 23(62), 55-72.