



RECONECTANDO CIUDADES CON LA NATURALEZA

LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

PROTOCOLOS DE

20

MEDIDAS DE SOLUCIONES
BASADAS EN LA NATURALEZA
IMPLEMENTADAS CON ENFOQUE
DE CUENCA EN ZONAS URBANAS
Y PERI-URBANAS.

PROYECTO CITYADAPT (2018-2023)



Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Haz clic en este banner a lo largo del documento para regresar a este menú

1.	Restauración de zonas críticas	3
2.	Restauración ecológica y agroforestería de montaña	7
3.	Restauración riparia	12
4.	Restauración bosque ripario	16
5.	Pozos de absorción	20
6.	Repoblación de cafetales	24
7.	Implementación de viveros	27
8.	Siembra de árboles frutales	30
9.	Zanjas de infiltración	34
10.	Prácticas agrosilvopastoriles	38

11.	Tratamiento de aguas residuales a través de humedales	43
12.	Biojardinera	49
13.	Jardín de lluvia	53
14.	Jardines de infiltración	56
15.	Naturalización de aceras	60
16.	Naturalización de rotondas	63
17.	Huertos urbanos	66
18.	Huertos resilientes	71
19.	Producción de hongos comestibles	75
20.	Sistema de captación de agua de lluvia	79

1. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Restauración de Zonas Críticas



La restauración de zonas críticas desempeña un papel fundamental en la conservación y recuperación de nuestros valiosos ecosistemas naturales. Descubrirás los pasos clave involucrados en el proceso de restauración, los beneficios que se pueden lograr y las posibles limitaciones que podrían presentarse. Este enfoque integral busca fortalecer la adaptación y mitigación frente a los desafíos climáticos, promoviendo la restauración de áreas críticas como una medida clave para proteger la biodiversidad, mantener los servicios ecosistémicos y garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 3 – fortalecer la aplicación de políticas inclusivas mediante la implicación comunitaria para mejorar los medios de vida.

Descripción

La restauración de áreas críticas con especies nativas se basa en el enfoque de Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE), que combina la restauración de ecosistemas degradados con la promoción de servicios ecosistémicos para hacer frente al cambio climático. Mediante la plantación estratégica de especies nativas, se busca mejorar la resiliencia de los ecosistemas, conservar el suelo, regular los flujos de agua y aumentar la captación de carbono.

Lugar de implementación

Es recomendable priorizar zonas degradadas que han experimentado una pérdida significativa de vegetación nativa. Además, es importante considerar la accesibilidad y logística, como la existencia de caminos y fuentes de agua cercanas. También se pueden integrar zonas de agroforestería, como la distribución de árboles nativos dentro de los cultivos de café como sombra y cercos vivos para delimitar las áreas.

Beneficiarios (~#)

Las comunidades locales al mejorar su calidad de vida y fortalecer su resiliencia. Los agricultores y ganaderos obtienen beneficios económicos, y la sociedad en general se beneficia con la conservación de la biodiversidad y la protección del medio ambiente para las generaciones futuras.

Co-beneficios sociales y económicos

Beneficios económicos indirectos

- Mejora los servicios ecosistémicos como recurso hídrico o protección contra desastres.
- Los servicios ecosistémicos benefician a las comunidades al reducir costos asociados con inundaciones, sequías y pérdida de cultivos.

Creación de espacios educativos

La restauración de áreas críticas proporciona oportunidades para la educación ambiental y la conciencia ecológica.

Generación de empleo

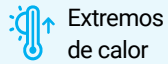
La restauración de áreas críticas conlleva la creación de empleo en actividades como viveros, siembra, mantenimiento y monitoreo de los proyectos

Captura y almacenamiento de carbono

Los árboles absorben el dióxido de carbono de la atmósfera a medida que crecen, ayudando a mitigar el cambio climático al actuar como sumideros de carbono.



Amenazas atendidas



Extremos de calor



Lluvias intensas



Cambios bruscos de temperatura



Deslaves

Principales impactos climáticos atendidos



La degradación del suelo

La restauración de zonas críticas se enfoca en abordar la degradación del suelo causada por actividades agrícolas intensivas y la deforestación, buscando restaurar la salud y la calidad del suelo.



Pérdida de biodiversidad

La restauración de áreas críticas tiene como objetivo principal la reintroducción de especies nativas y la restauración de hábitats, lo que ayuda a frenar la pérdida de biodiversidad y a promover la recuperación de los ecosistemas naturales.



Escasez de agua

Promueve la infiltración de agua en los suelos, recargando los acuíferos y abordando la escasez de agua a largo plazo.

Fases de implementación

Fase 1. Evaluación del sitio

1 Evaluación y planificación

Realiza una evaluación exhaustiva del área degradada para comprender su estado actual y determinar los objetivos de restauración. Considera factores como el tipo de suelo, el clima, las condiciones hidrológicas y la disponibilidad de recursos.

Fase 2. Implementación

2 Selección de especies nativas

Para una restauración efectiva, se deben identificar y seleccionar especies nativas adecuadas para el ecosistema local, considerando su adaptabilidad a condiciones cambiantes y su contribución a la biodiversidad. Además, es importante establecer un vivero con especies extraídas de árboles semilleros locales, teniendo en cuenta el objetivo específico de la restauración. Por ejemplo, especies perennifolias se establecen en cafetales para evitar problemas con el cultivo, caducifolias pueden ser ubicadas en cercos o paisajes. La selección cuidadosa garantizará la integración efectiva de árboles.

3 Preparación del terreno

Para preparar el terreno de manera adecuada, es necesario llevar a cabo una serie de acciones fundamentales. Estas acciones incluyen la eliminación de especies

invasoras, la remoción de escombros y la corrección de problemas de drenaje. Estas medidas son esenciales para asegurar un entorno propicio para la restauración de áreas críticas. Además, corregir problemas de drenaje ayuda a garantizar que el agua fluya adecuadamente y evita encharcamientos que puedan perjudicar el crecimiento de las especies nativas.

4 Ahoyado

El proceso de ahoyado del terreno de 30 x 30 centímetros. La densidad varía según la situación del área donde se establecerá la especie seleccionada. En áreas abiertas o degradadas se recomienda un distanciamiento de 10 a 18 metros entre los árboles. Por otro lado, en linderos o cercos de potreros, el distanciamiento óptimo es de 5 a 10 metros. Estos parámetros de espaciado garantizan una distribución adecuada de las especies y permiten que cada árbol tenga suficiente espacio para crecer y desarrollarse de manera óptima.



5 Siembra

Lleva a cabo la plantación de árboles siguiendo las pautas específicas para cada especie. Asegúrate de proporcionar las condiciones óptimas de suelo y riego para favorecer el establecimiento y crecimiento de las plantas. Para poder asegurar el éxito de la siembra se puede usar fertilizantes como 16-48-0 o abonos altos contenidos de nitrógeno y fosforo para potenciar el crecimiento de la raíz.

6 Mantenimiento y monitoreo

Realiza un seguimiento regular de la restauración para garantizar el éxito a largo plazo. Esto implica la implementación de prácticas de mantenimiento, como el control de malezas, el riego adecuado y la protección contra plagas y enfermedades. Además, realiza un monitoreo continuo para evaluar el progreso y realizar ajustes según sea necesario.

7 Participación comunitaria

Fomenta la participación activa de la comunidad local en todas las etapas del proceso de restauración. Esto incluye la sensibilización, la capacitación y la colaboración en las actividades de plantación y mantenimiento.

1. Se deben tomar en cuenta características como, textura, altitud, características climáticas, topografía, hidrología, exposición al sol. Para identificar las especies y la densidad adecuados al terreno
2. Los sistemas agroforestales como el cultivo de café o cacao, los cuales también necesitan de la presencia de árboles con el fin de brindar sombra para el óptimo desarrollo y producción del cultivo.
3. Se requiere: azadón, pala dúplex, tijera para podar, carretilla, machete, bomba de mochila, cubetas, piocha.

Limitantes

1 Disponibilidad de recursos

La falta de recursos financieros, materiales y humanos necesarios puede dificultar la implementación de proyectos de restauración.

2 Acceso a semillas y plantas nativas de calidad

La disponibilidad y acceso a semillas y plantas nativas de alta calidad puede ser limitado, lo que afecta la capacidad de llevar a cabo una restauración efectiva.

3 Propiedad y tenencia de la tierra

Los problemas relacionados con la propiedad y tenencia de la tierra pueden generar obstáculos para la implementación de proyectos de restauración, ya que se requiere un acceso adecuado a las áreas críticas.

4 Conflictos de uso de la tierra

Los conflictos relacionados con el uso de la tierra pueden dificultar la restauración de áreas críticas, ya que diferentes intereses y actividades pueden estar en competencia.

5 Condiciones climáticas y del suelo

Las condiciones climáticas y del suelo pueden afectar el éxito de la restauración, ya que ciertas especies nativas pueden requerir condiciones específicas para crecer y desarrollarse adecuadamente.

6 Participación comunitaria

Aunque la participación comunitaria es esencial para la restauración de áreas críticas, puede ser un desafío lograr una participación activa y comprometida de la comunidad en estos proyectos.



Costos e insumos

- El costo de cada actividad dependerá de la situación del terreno y los objetivos que se pretenden alcanzar.
- En un área degradada sin presencia de árboles al momento de la siembra se puede intensificar a 900 plantas/Ha para que al momento de crecer disminuirá la cantidad por competencia entre ellas y las dificultades ambientales.
- En sistema agroforestal debido a que ya hay presente un cultivo principal la densidad de disminuye 70 plantas/Ha.
- Sumado al coste de los árboles se debe agregar la mano de obra para la preparación del terreno, la siembra, la fertilización junto el equipo e insumos necesario.

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de árboles sembrados • Cantidad de hectáreas intervenidas
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de familias beneficiadas



Referencias

Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre - DGGSPFF, & Dirección General de Política y Competitividad Forestal y de Fauna Silvestre - DGPCFFS. (2018). Lineamientos para la Restauración de Ecosistemas Forestales y otros Ecosistemas de Vegetación Silvestre. CENITAL Concept.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). Programa Nacional de Restauración de Ecosistemas y Paisajes. MARN.

Proyecto Maximizando Oportunidades en Café y Cacao en las Américas. (s.f.). Un cafetal productivo tiene sombra que lo cuida.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). Plan de Acción de restauración de ecosistemas y paisajes de El Salvador con enfoque de mitigación basada en adaptación. Proyecto 2018 - 2022. MARN.

2. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Restauración ecológica y agroforestería urbana y periurbana



Localización del Cerro del Estropajo.
Imagen: Google Earth (2022).

Descripción

Los sistemas agroforestales combinan árboles y arbustos con cultivos para generar beneficios ambientales, económicos y sociales. Estos sistemas, combinados con la restauración ecológica, contribuyen a conservar la provisión de servicios ecosistémicos a la vez que se mejora la producción de cultivos y se generan ingresos económicos. Además, disminuyen los peligros ante los efectos del cambio climático (por ejemplo, deslizamientos, pérdida de cultivos, sequías etc.), conservan la biodiversidad y promueven medios de vida al implementar cultivos diversificados más resistentes.

Al generar ingresos a los propietarios de las tierras, la agroforestería puede prevenir el cambio de uso de suelo con fines habitacionales en zonas no aptas. Considerando estos factores, en la periferia de la ciudad de Xalapa se implementó la restauración del bosque combinada con sistemas agroforestales en predios con pendientes abruptas. En específico, se intervino una zona (Cerro del Estropajo) cuya vegetación de Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) y topografía promueven la captación del agua de lluvia y las escorrentías; sin embargo, debido a la pérdida de vegetación, también son frecuentes los deslizamientos de laderas. En el cerro intervenido se asientan poco más de 450 habitantes y está rodeado por asentamientos urbanos que en conjunto suman 3, 523 personas, por lo que prevenir o disminuir los riesgos por eventos climáticos resulta primordial.



Vista aérea de una parcela intervenida.

Co-beneficios sociales y económicos

- Brinda una alternativa productiva sustentable y rentable.
- Conscientiza a ejidatarios sobre las consecuencias ambientales de la venta de sus parcelas con fines inmobiliarios.
- Reduce peligros de movimientos de ladera, se controla la erosión y favorece la captación de agua de lluvia.
- Incrementa la belleza escénica en la zona y el valor del terreno.
- Reduce la temperatura de las viviendas.
- Al mantener una hectárea bajo mejores prácticas de adaptación al cambio climático es posible establecer sistemas agroforestales que pueden proporcionar ingresos económicos significativos; en el caso de un huerto familiar en la ciudad de Xalapa los ingresos reportados son un poco más de USD \$200/quincena en época de cosecha.



Más información en
www.cityadapt.com

Integración con acuerdos internacionales



SENDAI: Objetivo 2 fortalecer la gobernanza

Duración

Se implementa entre 3 a 6 meses y la vida útil depende del grado de apropiación y compromiso de los beneficiarios.

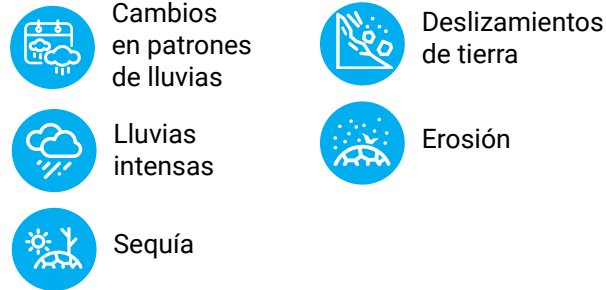
Lugar de implementación

En todo tipo de clima, en espacios verdes periurbanos con aptitud agrícola (para uso no intensivo).

Beneficiarios

En el caso de Xalapa, México, por cada hectárea bajo manejo agroforestal se calcula un promedio de 5 personas beneficiarias directas y más de 3000 personas beneficiarias indirectas que son receptoras de los múltiples cobeneficios de un buen manejo.

Amenazas atendidas



Fases de implementación

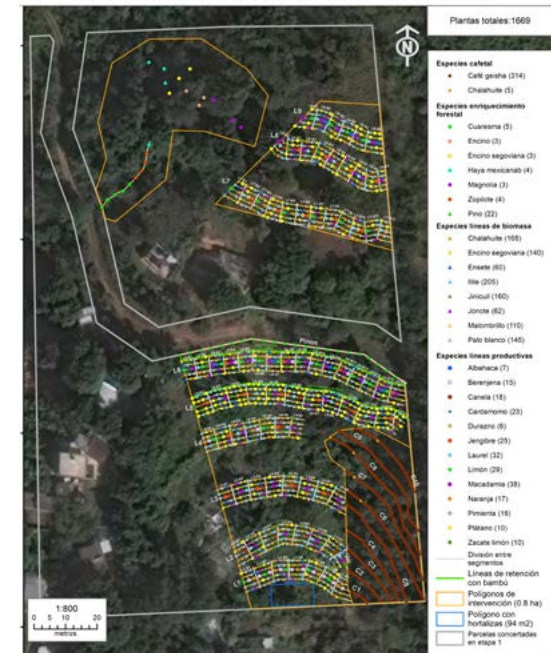
Eta 1. Preguntas básicas para diseñar el sistema

1 ¿Por qué es importante restaurar esta área y brindar alternativas a medios de vida a sus habitantes?

Estudios recientes de evaluación de vulnerabilidad socioambiental ante eventos climáticos en esta zona (Proyecto City Adapt ONU Medio Ambiente) indican que los habitantes del cerro del Estropajo están muy expuestos a peligro de derrumbes y deslizamientos, lo que los hace altamente vulnerables. Esta condición puede verse agravada de continuar el crecimiento desordenado hacia terrenos poco aptos, en los que, además se puedan alterar los remanentes de bosque mesófilo de montaña, incluyendo algunos espacios en proceso de regeneración natural que hasta ahora se han conservado por ser poco accesibles.

Este ecosistema de bosque brinda importantes servicios ambientales a la población, entre los que destaca su papel como amortiguador del impacto de

Propuesta de diseño agroforestal, parcela de Viveros



Propuesta de diseño agroforestal.

Costos e insumos

El costo de la implementación de esta actividad por hectárea bajo manejo es de alrededor de USD \$20,000, incluye las medidas habilitadoras, estudios necesarios, implementación en campo árboles y plantas, mano de obra y actividades de monitoreo y evaluación.

Fuente: CityAdapt México, 2020.

3 Diseño agroforestal y de restauración ecológica a escala de proyecto.

Contar con una herramienta de seguimiento a corto, mediano y largo plazo para iniciar un proceso de agroforestería que atienda tanto a los intereses de los ejidatarios como al objetivo general del proyecto en términos de disminución de peligros y vulnerabilidad ante eventos climáticos.

4 Reforestación.

Promover procesos de restauración sucesional de zonas degradadas mediante la introducción de plantas para restauración ecológica y sistemas agroforestales. En el caso de Xalapa se sembraron cerca de 6,400 plantas de 42 diferentes especies adecuadas a la ecorregión, y más de 600 árboles en las colonias aledañas al sitio para propiciar espacios de conectividad urbana, mejorando las condiciones del hábitat de las personas, así como la estabilidad del cerro y su capacidad de captación de agua.



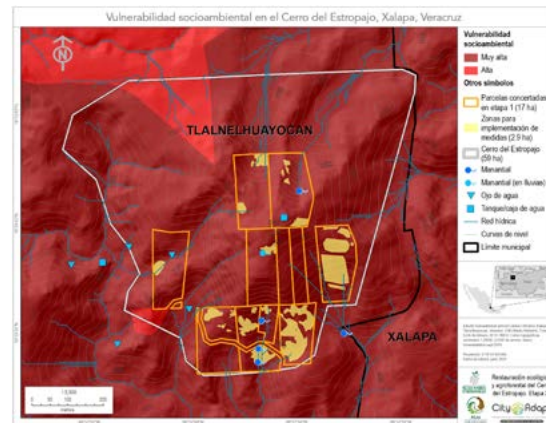
Reforestación.

5 Participación social.

Involucrar a los ejidatarios y colonos en algunas actividades de toma de datos, caracterización, fotografía o vídeo, así como en la reforestación o implementación de acciones para prevenir la erosión.

¿Cómo involucrar a los ejidatarios?

- Talleres con los propietarios de predios para recabar información sobre el estado de sus tierras y necesidades e intereses de agroforestería.
- Socializar el proyecto en el ámbito inmediato y de influencia del proyecto.
- Eventos para involucrar en las acciones del proyecto a colindantes y vecinos en los módulos agroforestales y de restauración ecológica, así como a otros sectores, como empresas desarrolladoras o consumidoras de productos agroforestales.



Mapa de vulnerabilidad socioambiental en el Cerro del Estropajo, Xalapa, Ver..



Barrera de bambú para retención de suelos.



Taller de capacitación.

Principales impactos climáticos atendidos



Disponibilidad de agua

- Apoya en el cuidado de fuentes de agua (manantiales) y zonas de recarga de los mantos acuíferos, facilita la disponibilidad del recurso en sectores de población más vulnerable.



Erosión

- Mitiga el efecto de la erosión en laderas y la consecuente pérdida de cultivos.



Deslizamientos

- Al implementarse mejores prácticas de manejo, barreras para retener sedimentos y sembrarse especies que ayudan a estabilizar las laderas, se disminuye el riesgo de deslizamientos en las laderas.



Daño y pérdida de cultivos

- Las mejores prácticas de agroforestería apoyan el manejo sostenible de las zonas periurbanas. Al diversificar los cultivos, se previene el daño que causan los eventos climáticos extremos a un solo cultivo.

los peligros asociados al clima, por lo que su preservación es vital.

2 ¿Qué puede hacerse para conservarlo?

El proceso de regeneración natural que se observa en este bosque se debe principalmente al abandono de las actividades productivas por parte de los ejidatarios, los cuales han preferido vender sus parcelas antes que continuar realizando actividades poco rentables y sujetas al saqueo de los colonos que se han asentado en la parte baja del cerro. Para apoyar la conservación, se deberán tomar medidas de manejo adecuado del bosque y sus manantiales, incluyendo actividades productivas alternativas que mejoren los ingresos de los ejidatarios.



Terreno en zona periurbana intervenido con sistema agroforestal.

Etapa 2. Implementación

1 Caracterización físico-geográfica y biológica del sitio.

Conocer las características relevantes del cerro y generar un sistema de información geográfica que sea útil para el diseño de las acciones y el trabajo con los ejidatarios.

2 Diagnóstico del potencial agroforestal y necesidades de restauración ecológica.

Determinar los niveles de fertilidad del suelo y el potencial agroforestal, así como las áreas con necesidades urgentes de restauración ecológica.

Indicadores

<p>Implementación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie bajo manejo agroforestal (ha). • Metros cuadrados de terreno restaurado (m²).
<p>Impacto cuantitativo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Número de reuniones y eventos realizados para socializar el proyecto y sensibilizar a los habitantes de la zona. • Número de persona capacitadas. • Número de módulos agroforestales instalados. • Número de árboles sembrados y de plántulas que sobrevivieron. • Número de zonas degradadas restauradas mediante bioingeniería. • Número de plantas por especie que enriquecen el hábitat urbano. • Kg o unidades cosechadas y comercializadas. • Kg de suelo retenido mediante técnicas anti erosivas. • Mejora en los ingresos económicos familiares.
<p>Impacto cualitativo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción de las personas sobre el impacto de la implementación en su calidad de vida. • Percepción de las personas sobre los efectos del cambio climático, la importancia de la vegetación, los beneficios de la restauración y agroforestería.



Referencias

- Altieri, M.A., 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93: 1-24
- Clewell, A.F. and J. Aronson. 2013. *Ecological restoration: principles, values and structure of an emerging profession.* Society for Ecological Restoration. Island Press.
- Torres Rojo, J. M., A. Guevara Sanginés. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico *Gaceta Ecológica*, núm. 63, abril-junio, 2002, pp. 40-59 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal, México.
- Williams-Linera, G, López-Barrera, F., y Bonilla-Moheno, M. 2020. Estableciendo la línea de base para la restauración del bosque de niebla en un paisaje periurbano. *Madera bosques* [online]. 2015, vol.21, n.2 [citado 2020-07-06], pp.89-101. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000200006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2448-7597

www.revivemx.org
www.inecol.mx
www.uv.mx
www.cityadapt.com

3. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Restauración riparia de arroyos urbanos



La zona riparia puede considerarse como el área inundada periódicamente por el agua, los bancos y las planicies de inundación de un río, donde diversas plantas y animales adaptados a estos cambios forman una comunidad particular. Esta franja es la interfase entre los ecosistemas terrestres y acuáticos y en ella se desarrolla un tipo de vegetación conocida como riparia o ribereña.

Duración

El proceso de implementación de un proyecto de restauración riparia tiene una duración aproximada seis meses dependiendo de la cantidad de superficie que se restaure, y después requiere de un proceso de monitoreo y evaluación que puede ser de mediano y largo plazo, que involucre a los beneficiarios directos y a los gobiernos locales.

Lugar de implementación

Arroyos, ríos urbanos y periurbanos que han sido afectados por el crecimiento de las ciudades, provocando procesos de erosión, derrumbes, deslizamientos y contaminación.

Beneficiarios

En un arroyo urbano típico de las ciudades medias de la región, particularmente en zonas de alta vulnerabilidad donde los lotes suelen ser pequeños (105m²), puede establecerse un radio de 50 metros alrededor de los arroyos y estimar una población aproximada de 2500 personas / km lineal.

Amenazas atendidas



Inundación



Derrumbes y deslizamientos



Cambios en patrones de lluvias



Erosión



Lluvias intensas



Enfermedades gastrointestinales y de transmisión por vectores

Co-beneficios sociales y económicos

- Eleva el bienestar de los productores dotándolos de ingresos diversificados, una fuente de ahorro, acceso a crédito, seguridad alimentaria y por tanto su empoderamiento.
- Organización comunitaria alrededor de la restauración y el cuidado del río.
- Aumento de la plusvalía de los hogares más próximos al río restaurado.
- Incremento de la belleza escénica en la zona.
- Hábitat para la fauna terrestre y acuática.
- Disminución de incidencia de enfermedades gastrointestinales (Mokondoko et al. 2016).
- Disminución de contaminantes y sedimentos en el río, los sistemas radiculares de las plantas retienen parte de la contaminación que llega al río.



Más información en
www.cityadapt.com

Principales impactos climáticos atendidos



Control de crecidas

• La vegetación ayuda a controlar la velocidad y fuerza del agua que escurre a través del cauce.



Disminución de riesgo de inundación

• La presencia de vegetación riparia disminuye el riesgo de desbordamiento de ríos y arroyos.



Disminución de movimientos de ladera

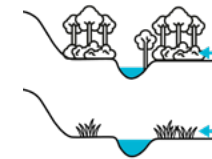
• La vegetación riparia retiene sedimentos y disminuye el riesgo de erosión y de movimientos de ladera.



Control de temperatura

• La sombra que produce la vegetación riparia ayuda a prevenir los golpes de calor y aminora la contaminación.

Integración con acuerdos internacionales



El bosque de ribera frena el escurrimiento de las laderas, transformando contaminantes

La falta de vegetación ribereña impide su función como filtro de contaminantes.

SENDAI Prioridad 4: Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y “reconstruir mejor” en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

Importancia de la vegetación riparia

La vegetación riparia brinda numerosos servicios ambientales a la ciudad y a las zonas rurales por donde pasan los ríos, como son:

La finalidad de su restauración es evitar los procesos erosivos y de arrastre de sedimentos al río, incluyendo contaminantes que provienen de las actividades agropecuarias y los asentamientos humanos circundantes. El desarrollo de esta vegetación ayuda a amortiguar las crecidas e inundaciones, favorece la calidad del agua y el movimiento de la fauna, brindando un hábitat para especies terrestres y acuáticas.



Fases de implementación

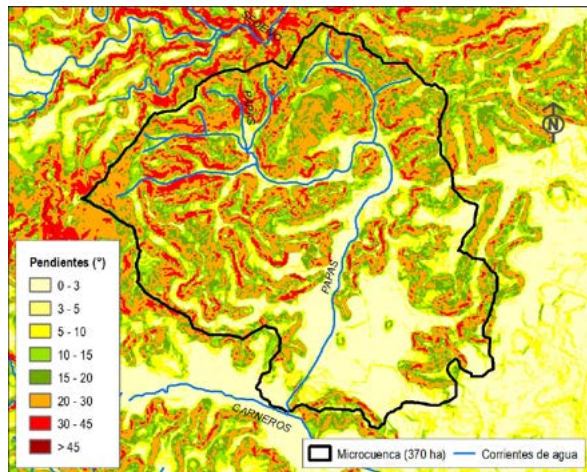
El proceso de restauración y sus objetivos se divide en las siguientes etapas:

1 Caracterización físico-geográfica y biológica del ambiente ripario.

Conocer las características del área donde se va a implementar la restauración, para establecer una línea base de la composición biológica, su estado y tipos de suelo. Con esta información se pueden definir indicadores para el seguimiento del proyecto a nivel espacial y puntual.

2 Evaluación del nivel de deterioro del suelo y la erosión en la zona.

Determinar el nivel de conservación y/o degradación del ecosistema ripario. Se define la línea base y los indicadores de seguimiento a nivel espacial y puntual.



Mapa de pendientes del área a intervenir.

3 Diseño del plan de restauración riparia a escala del proyecto.

Contar con una herramienta de seguimiento a corto, mediano y largo plazo para iniciar un proceso de restauración atendiendo los problemas clave.

4 Operación de las acciones planteadas en el plan de restauración para el primer año.

Restaurar una superficie seleccionada para mejorar las condiciones del hábitat y la estabilidad en las orillas del río, mediante acciones de revegetación y de retención de suelos.



Reforestación en ladera cercana a un río.



Presencia de aves acuáticas en humedales y arroyos urbanos. Garza y espátulas rosadas en la laguna de El Castillo, Xalapa. Fotografía de Gerardo Sánchez Vigil.

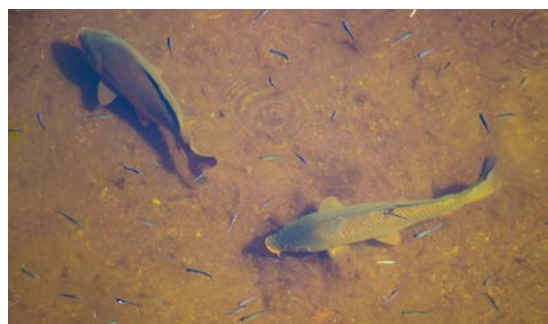
Costos e insumos

Algunas de las acciones para promover la conservación del ecosistema ripario dependen de los estudios anteriormente referidos, sin embargo, para tener un parámetro unitario del costo de una restauración de la vegetación riparia de arroyos periurbanos y urbanos se calculó un precio de USD 20,000 /km lineal, que incluye honorarios de especialistas, plantas e insumos de campo y mano de obra, movilización, capacitación, comunicación y difusión.

Fuente: CityAdapt México, 2020.

Indicadores

Implementación	Métros cuadrados de zona riparia restaurados (m2).
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Número de especies y tipo de vegetación sembradas para enriquecer el hábitat (#) • Pobladores involucrados en el proyecto de restauración (#). • Reuniones y eventos realizados para socializar el proyecto y sensibilizar a los habitantes de la zona (#). • Materiales de divulgación generados (vídeos, infografías, fotografías, kits de divulgación) (#). • Pérdida de suelo evitada (Toneladas de suelo /ha/año). • Comparativa de temperatura promedio en áreas restauradas vs áreas no restauradas (°C).
Impacto cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción de las personas sobre la influencia del arroyo en su calidad de vida y sobre su degradación o mejoría con el paso del tiempo. • Percepción de las personas sobre los efectos del cambio climático y la importancia de la vegetación y los servicios que brindan los ecosistemas riparios.



Referencias

- Granados-Sánchez, D., M. A. Hernández -García y G.F. López-Ríos. 2006. Ecología de las Zonas Ribereñas. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 2006, vol. 12 N° 1.
- Mokondoko et al. 2016. Assessing the service of water quality regulation by quantifying the effects of land use on water quality and public health in central Veracruz, Mexico Ecosystem Services 22 (2016) p. 161-173.
- San Joaquín, L.E. y E. Barroso. 2020. Ecosistemas fluviales y la importancia de su restauración. Disponible en: <https://geoinnova.org/blog-territorio/ecosistemas-fluviales/>.
- Williams-Linera, G. 2019. Bosques en Zoncuantla, una maravillosa biodiversidad.
- Williams-Linera, G, López-Barrera, F., y Bonilla-Moheno, M. 2020. Estableciendo la línea de base para la restauración del bosque de niebla en un paisaje periurbano. Madera bosques [online]. 2015, vol.21, n.2 [citado 2020-07-06], pp.89-101.

www.revivemx.org
www.inecol.mx
www.uv.mx

www.cityadapt.org

4. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Restauración de bosque ripario



La restauración en los márgenes de los ríos y quebradas consiste en la siembra selectiva de vegetación arbórea o arbustiva en aquellos sitios desprovistos de cobertura y alrededor de la red hídrica local.

Estas acciones deben ser planificadas con las comunidades locales y gobiernos municipales. En la zona periurbana es recomendable conocer la tenencia de la tierra, para así coordinar las acciones que pueden desarrollarse.

La importancia de realizar esta medida a nivel de cuenca urbana recae en la necesidad de recuperar y garantizar los servicios de regulación a nivel local, principalmente las acciones de protección y regulación de los recursos hídricos, así como reducción de vulnerabilidad y de refuerzo para obras de infraestructura gris, principalmente para conservación y manejo de suelo en laderas.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 3 - Reforzar el uso y la ordenación sostenibles de los ecosistemas.



Duración

Es una medida que si se le ha brindado mantenimiento en la época seca inicialmente, puede perdurar en el tiempo.



Lugar de implementación

Se debe realizar en aquellos espacios urbanos o periurbanos de taludes, ríos o quebradas, que han perdido total o parcialmente su cobertura boscosa natural ya sea por influencia humana o por eventos particulares como incendios; siempre y cuando posea suficiente espacio como para realizar acciones de estabilización del terreno, reforestación e inducción de regeneración natural.



Beneficiarios (~#)

Para este tipo de medidas, se contribuye a beneficiar a la protección de las comunidades más próximas a los cauces de los ríos y quebradas y garantizar un clima más agradable, así como incidir en la parte baja de la cuenca.

Amenazas atendidas



Lluvias intensas



Temperatura extrema

Co-beneficios sociales y económicos

- Mejora en la seguridad alimentaria.
- Impacto sobre los medios de vida.
- Creación de empleo.



Para más información
www.cityadapt.com



Principales impactos climáticos atendidos



Erosión

Mediante el sistema radicular de las plantas y árboles, evitan que se desprendan sedimentos además mantiene unidos el suelo y absorben el exceso de agua que lava el suelo.



Inundaciones

Reduce la escorrentía superficial evitando así inundaciones urbanas.



Deslizamientos

Al reducir la escorrentía superficial, pueden evitar deslizamientos.

Fases de implementación

Fase 1. Evaluación del sitio y diseño

1 Selección e inspección del sitio

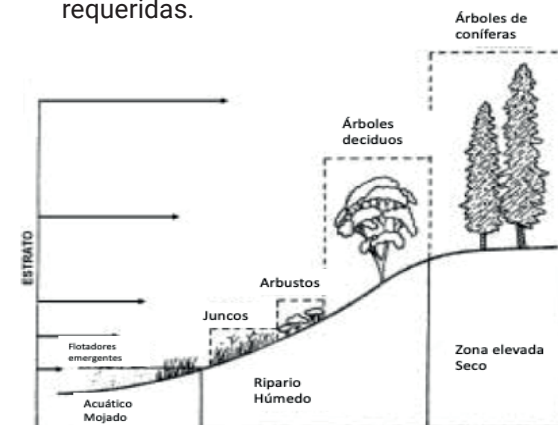
Se identifica el área o sitio donde hay necesidad de reforestar. Para esto se recopila información secundaria que muestre aspectos históricos y la situación actual de la zona donde se proyecta intervenir. Se realiza un mapeo e identificación de los cursos de agua (ríos o quebradas) presentes en el territorio de interés, para identificar posibles impactos por crecidas y desbordamientos de cauces y un análisis de vegetación mediante sistemas de información geográfica para ubicar bosques riparios o relictos de estos.

2 Evaluación del sitio

Se realizan visitas de campo a cada uno de los sitios identificados. Dichas visitas se gestionan con las autoridades locales y comunitarias para ir generando vínculos de trabajo. En las visitas a las zonas potenciales se identifican las especies vegetales más dominantes y prevalentes en los remanentes de vegetación riparia. Se determina la función que estos remanentes tienen en correlación con la fauna local, pudiendo servir de sitios de refugio, descanso y alimentación.

3 Diseño

Reconociendo el lugar y las especies existentes, se establece un diseño a seguir, tomando en cuenta los diferentes estratos, así como prácticas de conservación de suelo requeridas.



4 Selección de las especies

Se genera un listado de especies que serán plantadas en el lugar. Las especies seleccionadas deben cumplir algunos criterios ecológicos necesarios para resistir las condiciones climáticas en el medio. Estos criterios son: forma de vida (árbol, arbusto o hierba), fenología (siempre verde, semidecidua, decidua en época seca), altura, importancia para la fauna, resistencia a sequía y a inundación, entre otros. Ver guía de especies arbóreas resilientes a las condiciones

climáticas del Área Metropolitana de San Salvador (Salazar, 2022) que enfatiza en especies nativas.

Fase 2. Ejecución

5 Limpieza del sitio

Reconociendo el lugar y las especies existentes, se establece un diseño a seguir, tomando en cuenta los diferentes estratos, así como prácticas de conservación de suelo requeridas.

6 Demarcación de la línea

Con base al estaquillado se cavan hoyos de 40 cm de diámetro y 45 cm de profundidad con ayuda de una pala dúplex.

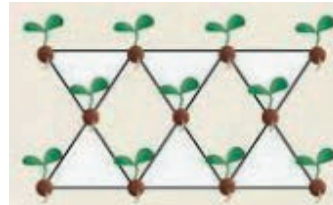
7 Ahoyado

Se traza una línea madre, y se realiza el estaquillado a partir del trazo principal, colocando estacas cada dos metros en zigzag. climáticas del Área Metropolitana de San Salvador (Salazar, 2022) que enfatiza en especies nativas.



8 Siembra

La siembra se realiza a tres-bolillos, intercalando las especies a utilizar, sembrándose a cada 2 metros una de la otra en este caso.



Fase 3. Mantenimiento

9 Control de plagas

Se realiza un control de hormigas y de malezas alrededor de los árboles mientras estos se encuentran en etapa de crecimiento.



10 Evaluación del crecimiento

De una manera frecuente, al menos 2 veces en el año, se observa y mide el desarrollo de las plantas, así como el índice de supervivencia de las mismas.

Costos e insumos¹

Descripción	Costo Total (US \$)
Árboles e insumos ²	800.00
Herramientas ³	900.00
Mano de obra ⁴	0.00
Transporte de materiales	350.00
Total	2,050.00

1. Los costos se estiman una hectárea restaurada sin prácticas de conservación de suelo. En restauración riparia se considera un margen de 25 metros de ancho por longitud del cauce.

2. Árboles maderables y frutales, hierbas y arbustos, abono orgánico (bocashi) y harina de roca.

3. Cubetas, palas, piochas, carretilla, bomba de mochila, cuma, corvo, azadón, pala dúplex.

4 Se sugiere que este sea el aporte de la comunidad beneficiaria o ayuda mutua.

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Área restaurada (ha) • Número de especies plantadas (#)
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento y desarrollo de las especies • Porcentaje de sobrevivencia de las especies



Referencias

Granados-Sánchez D, Hernández-García M, López-Ríos G. (2005). Ecología de las zonas ribereñas. Universidad Autónoma Chapingo.

Nello T, Fonseca F, Raes L, Sanchún A, Saborío J, Chacón O. Restauración de manglar y bosque de galería. Serie de guías técnicas para la restauración en El Salvador. San José, Costa Rica. UICN-ORMACC.

Ramírez-Soto AF, García-Valencia A., Trujillo-Santos O., Sheseña-Hernández IM, Gutiérrez-Sosa G., Contreras-Huerta I, Macías-Ruiz K, Aguilar-Bernal AS y Hernández-Soto M. (2021). Guía técnica para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad. CityAdapt y Fondo Golfo de México.

Salazar, A. (2022). Guía de especies arbóreas resilientes a las condiciones climáticas del Área Metropolitana de San Salvador. CityAdapt y FUNDASAL.

5. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Pozos de absorción



Los pozos de absorción o infiltración consisten en excavaciones, normalmente cilíndricas y de profundidad variable, que pueden estar rellenas, o no, con material permeable (grava, arena, geotextil NT1600) y que permiten, en espacios reducidos, infiltrar el agua de lluvia directamente al suelo o almacenarla para un aprovechamiento posterior.

Tienen como objetivo la captación del flujo superficial o subsuperficial proveniente de la precipitación pluvial, la infiltración de los escurrimientos superficiales directamente al suelo, la disminución del caudal máximo instantáneo, la deducción del volumen escurrido, la recarga a los acuíferos, el mejoramiento de la calidad del efluente y el uso alternativo del agua infiltrada. Son fácilmente integrables en el paisaje de zonas densas o abiertas y constituyen una alternativa en lugares donde los canales de desvío no son una opción para infiltrar o desalojar el agua, como es el caso de las terrazas, caminos o cabeceo de cárcavas.

Es recomendable combinar los pozos de absorción con otras alternativas, tales como estanques de retención, zanjas de infiltración y trincheras, lo que permite aumentar la capacidad de almacenamiento subterráneo y reducir el escurrimiento superficial.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 3 - Reforzar el uso y la ordenación sostenibles de los ecosistemas.

Duración

Para una duración sin límite, requiere mantenimiento preventivo al inicio de la época de lluvias para garantizar un adecuado funcionamiento.

Lugar de implementación

En terrenos con topografía que proporcione un sistema de recolección y captación de agua de lluvia, cuya viabilidad técnica y económica sean adecuadas; es decir, suelos con una conductividad hidráulica de moderada a alta, para obtener un mejor aprovechamiento del agua de lluvia.

Beneficiarios (~#)

Cualquier persona o comunidad que desee hacer un aprovechamiento de la escorrentía superficial, puede ser beneficiaria de esta medida

Amenazas atendidas



Cambios en patrones de lluvia



Lluvias intensas

Co-beneficios sociales y económicos

- Creación de empleo.
- Mejora los servicios ecosistémicos como recurso hídrico o protección contra desastres, y costos asociados
- Captura y almacenamiento de carbono



Para más información
www.cityadapt.com



Principales impactos climáticos atendidos



Con el reaprovechamiento del agua, es una alternativa eficiente ante la demanda de agua..



Menor disponibilidad de agua
Contribuye a garantizar la disponibilidad de agua para diferentes usos.



Inundaciones
Reduce la escorrentía superficial evitando así inundaciones urbanas

Fases de implementación

Fase 1. Evaluación del sitio y diseño

1 Selección e inspección del sitio

Se analiza el mapa del lugar para identificar la topografía y los drenajes naturales, así como el tipo de suelo y las capacidades hidráulicas, para reconocer la zona con mayor eficiencia de recarga para el manto acuífero. Posteriormente se hace un recorrido en la posible área de captación del pozo para determinar los drenajes naturales del suelo.

2 Pruebas de infiltración

Se evalúa la permeabilidad del terreno a través de la estimación de la tasa de infiltración, utilizando la metodología del doble cilindro. Se clava en el suelo un par de cilindros metálicos concéntricos de 10 a 15 cm. Cuando mayor sean los cilindros mejor serán los resultados obtenidos. Los cilindros se llenan de agua hasta un nivel adecuado (10-15 cm), teniendo cuidado de no alterar el material que hay en el fondo. Mediante una regla graduada, se mide en el cilindro interior el descenso del agua con el tiempo. El cilindro exterior evita que la medida realizada en el cilindro interior se vea afectada por la expansión lateral del bulbo mojado.



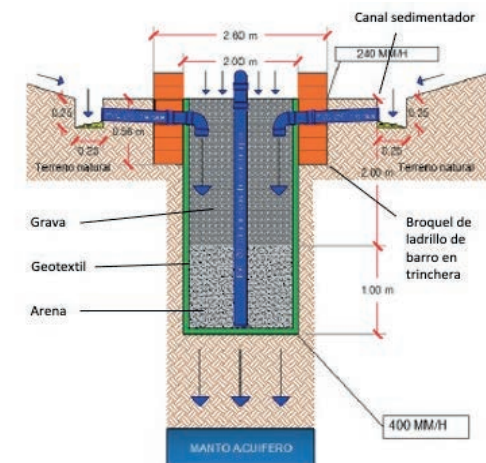
Es aconsejable realizar las medidas a intervalos regulares, ya sea de tiempo o de descenso de la lámina de agua; de este modo es más fácil identificar cuando la tasa de absorción permanece constante. La tasa de infiltración final corresponde a la conductividad hidráulica saturada. Para la selección del sitio el terreno debe cumplir con una conductividad hidráulica alta (ver tabla).

Conductividad hidráulica saturada del suelo con base en textura

Clase textural	Conductividad hidráulica saturada (mm/h)
Arena	210.06
Arena migajosa	61.21
Migajón arenoso	25.91
Franco	13.21
Migajón limoso	6.86
Migajón arcillo-arenoso	4.32
Migajón arcilloso	2.29
Migajón arcillo-limoso	1.52
Arcilla arenosa	1.27
Arcilla limosa	1.02
Arcilla	0.51

3 Diseño del pozo

Se diseñan en función de la capacidad de absorción del suelo y el caudal de agua captado. Así, la profundidad del pozo es determinada en función del espacio disponible, los métodos constructivos, la profundidad de la capa freática, la naturaleza del suelo y las formaciones geológicas transversales. Se considera además un periodo de retorno de 5 años.

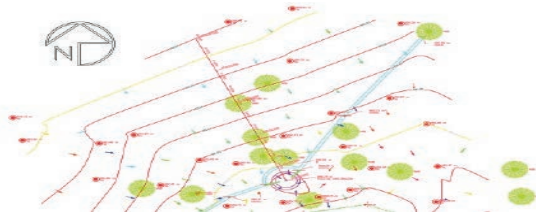


SECCION TIPO DE POZO DE INFILTRACION
ESC 1:25

Fase 2. Ejecución

4 Trazo de la obra

Se ubicará el pozo en la parte más baja y se marcará la dirección de las zanjas para la recolección del agua de lluvia.



5 Demarcación de la línea

Con ayuda de estacas se dará una pendiente uniforme siguiendo la topografía del terreno para tener un buen drenaje de las zanjas que descargan en el pozo de absorción.

6 Elaboración de la zanja y del zanjo del pozo

Se excava la zanja de 25 cm x 25 cm en dirección hacia el pozo.

Para el zanjo del pozo, se colocará una estaca en el centro del pozo y con un hilo y otra estaca se girará sobre el centro del pozo con las dimensiones del diseño. Se hará la excavación hasta el nivel propuesto.

7 Construcción del broquel y conexiones hidráulicas

Cuando la profundidad del pozo llegue a los 50 cm se reducirá el diámetro

para comenzar con la construcción del broquel con ladrillo de obra utilizando una dosificación de mezcla de 1:6 y colocado de trinchera.

Cuando la altura del pozo sobrepase los 2 metros se protegerán las paredes del pozo para evitar derrumbes antes de la colocación de los filtros.

Se realizará la conexión del canal sedimentador con el pozo de absorción mediante una tubería PVC de 6 pulgadas de diámetro dejando un espacio de 5 cm entre el tubo y la base del canal sedimentador, para asegurar su buen funcionamiento.

8 Instalación del medidor

Se ubicará un tubo de 4 pulgadas de diámetro 5 cm arriba de la base, llegando hasta la parte superficial, colocando al final un tapón PVC, para evitar el ingreso de basura.



9 Colocación de geotextil y filtros

Al llegar a la medida de diseño, se instala un geotextil para evitar la colmatación en las paredes del pozo y que reduzca su capacidad de infiltración. Para el filtro, se coloca una capa de arena, sin compactar, y luego la capa de grava, evitando dañar el geotextil y las tuberías.

10 Prueba de infiltración desde el fondo

Se realiza una nueva prueba de infiltración en el fondo del pozo siguiendo el método de doble anillo, para tener un dato más cercano.



Fase 3. Mantenimiento

11 Se debe realizar al menos un mantenimiento preventivo al inicio de la época de lluvias para garantizar un adecuado funcionamiento. Esto es limpieza en el canal sedimentador y cortar la vegetación que cubre el pozo



Costos e insumos¹

Descripción	Costo Total (US \$)
Materiales ²	733.00
Herramientas ³	35.00
Mano de obra	387.00
Estudios y supervisión	1,065.00
Transporte de materiales	180.00
Total	2,400.00

1. Los costos se estiman para un pozo de 2 m de diámetro x 3 m de profundidad.

2. Bloques de concreto y ladrillos, cemento, arena, grava, tubería PVC, geotextil, entre otros.

3. Cubetas, palas, piochas, carretilla



Referencias

Ibañez, S., et al. **Características del infiltrómetro de doble anillo (anillos de Munz)**. Universidad Politécnica de Valencia. (<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7840/AD%20Infiltrometro.pdf>)

https://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/7358/mod_resource/content/0/POZOS%20DE%20ABSORCION%20%20INFILTRACION%20DE%20AGUA%20DE%20LLUVIA%2027-03-17.pdf

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> Área de captación de los pozos (ha).
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> Conductividad hidráulica saturada del suelo (mm/h) Permeabilidad del terreno K (cm/s) Volumen infiltrado (m³)

6. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Repoblación de cafetales



El término repoblación es sinónimo de reforestación y se refiere a la introducción de la masa arbórea en un terreno que ya la poseía con anterioridad, en un tiempo relativamente corto. Puede definirse como el conjunto de técnicas que se necesitan aplicar para crear una masa arbórea, formada por especies vegetales leñosas (árboles o arbustivas), que sea estable con el medio, en un terreno cuya vegetación actual es ineficaz en mayor o menor grado según el uso asignado al territorio, y que, adoptando las características deseadas, cumpla con los fines que de ella se demanden.

Generalmente esta medida va acompañada de otras prácticas de conservación de suelos (como barreras vivas, barreras muertas, zanjas de infiltración) y la diversificación de cultivos, entre otros.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 3 - Reforzar el uso y la ordenación sostenibles de los ecosistemas.

Duración

Es una medida que se desarrolla gradualmente. La producción de café es de 3 a 5 años posterior a la siembra, según la variedad y con un buen manejo agronómico.

Lugar de implementación

Fincas de café de pequeños, medianos y grandes productores y cooperativas de café que manejan operaciones independientes.

Beneficiarios (~#)

La población que se provee de los principales servicios ecosistémicos de este tipo de bosque, como el café y otros productos como la leña y fruta, así como otros servicios.

Amenazas atendidas



Lluvias intensas



Cambios en patrones de lluvia



Temperatura extrema

Co-beneficios sociales y económicos

- Mejora en la seguridad alimentaria.
- Impacto sobre los medios de vida.
- Creación de empleo.



Para más información
www.cityadapt.com



Principales impactos climáticos atendidos



Pérdida de productividad

Las prácticas desarrolladas ayudan a proteger los suelos y sus nutrientes, evitando pérdidas de productividad.



Erosión

Mediante prácticas de conservación de suelo como la elaboración de zanjas de infiltración y barreras vivas y muertas, se evita que se desprendan sedimentos y ayudan a absorber el exceso de agua que lava el suelo.



Sequía

Las medidas aumentan la infiltración y mejoran la humedad del suelo, así como el establecimiento de árboles para sombra, evitando estrés hídrico a las plantas.



Aumento de plagas

Las medidas aumentan la infiltración y mejoran la humedad del suelo, así como el establecimiento de árboles para sombra, evitando estrés hídrico a las plantas.



Inundaciones

Las prácticas de conservación de suelos reducen la escorrentía superficial evitando así inundaciones urbanas.

Fases de implementación

Fase 1. Preparación

1 Levantamiento de información

Se requiere establecer cuál es el objetivo de la plantación de árboles, cuáles especies se disponen y cuáles son las características del sitio a plantar y de la cubierta vegetal. Se deben desarrollar visitas de campo y entrevistas con los responsables de la finca.



2 Documentación de la situación actual

Se identifican las zonas deforestadas o degradadas a través de mapas de pendientes del terreno y cobertura arbórea.

3 Selección de especies

Se hace la elección del método de repoblación así como el tipo de plantas de café, especies maderables y frutales, la densidad y la forma de distribución, así como el cronograma de plantación o siembra.

Entre los árboles maderables y frutales se recomiendan especies nativas y aquellos que puedan hacer aportes de nutrientes al suelo y que favorezcan al cultivo del café.

Sobre la selección de las especies de café, se tiene que tener en cuenta la altura sobre el nivel del mar, la calidad del producto y las condiciones climáticas.

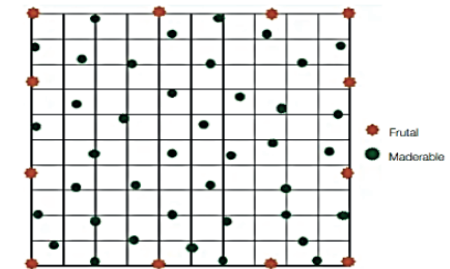
Fase 2. Ejecución

4 Siembra

Para la plantación de árboles de café se toma en cuenta un distanciamiento de siembra de 2 m por 2 m entre la planta y entre el surco.

Para los árboles maderables y frutales que son utilizados para sombra, el distanciamiento es de 11 m por 11 m entre planta y entre surco. Se recomienda un 50% de cobertura del terreno con sombra para el café.

Los árboles frutales son sembrados en los bordes de las áreas de café.



5 Producción del café

El ciclo de producción del café es de 20 años, con un aumento de producción al año 2-5, un pico de producción en el año 5-8 y una reducción gradual en el rendimiento de 5% respecto a la producción anterior. Se asume que a los 20 años es necesario reemplazar las plantas de café.

Fase 3. Mantenimiento

6 Control de plagas

Para el cafeto se considera la implementación de un manejo integrado de plagas y enfermedades, haciendo principal énfasis en el uso de productos orgánicos que pueden ser elaborados con los recursos con que cuentan las fincas.

7 Fertilización

Se recomienda una primera fertilización de cafetos al establecerse las lluvias (mayo-junio) orientada a dar soporte al crecimiento del material vegetativo y del fruto.

Tanto la fertilización como el control de plagas aplica para los árboles frutales.

8 Podas

Se aplican podas sanitarias para los árboles maderables en los primeros tres o cuatro años, para prevenir competencia y retraso en el desarrollo de la plantación.

Costos e insumos¹

Descripción	Costo Total (US \$)
Mano de obra	
• Ahoyado ²	300.15
• Acarreo ³	83.38
• Siembra ⁴	200.10
• Fertilización ⁵	80.04
Plantas de café puestas en finca ⁶	1,606.95
Plantas de sombra/ frutales puesta en finca ⁴	60.00
Transporte de plantas	200.00
Abonado (3 onzas/planta) ⁸	450.00
Total	2,980.62

1. Este cálculo corresponde al valor de 1 ha de cultivo de café. Sin embargo el monto varía dependiendo de las condiciones de la finca, disponibilidad del equipo de trabajo y el sistema de siembra que se utilice. Además, se estima un costo de 6.67 USD jornal/día

2. 60 hoyos/jornal/día, para un total de 15 jornales.

3. 300 plantas por jornal para un total de 5 jornales.

4. Siembra de 125

5. 1000 plantas por jornal para un total de 4 jornales.

6. 3571 plantas por ha

7. 60 plantas por ha

8. 6 bolsas de abono a 75 USD

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie plantada (ha) • Número de plantas de café plantadas (#) • Número de árboles maderables plantados (#) • Número de árboles frutales plantados (#)
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Productividad (ton/ha)



Referencias

CityAdapt (2023). Guía de establecimiento y manejo de agricultura sostenible. Adaptando el cultivo del café al cambio climático.

FUNDESYRAM- CRS (2010). Guía para la innovación de la caficultura. De lo convencional a lo orgánico. El Salvador.

Nello T, Fonseca F, Raes L, Sanchún A, Saborío J, Chacón O. Renovación de cafetales. Serie de guías técnicas para la restauración en El Salvador. San José, Costa Rica. UICN-ORMACC.

7. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Implementación de viveros



Un vivero es una instalación agronómica donde se cultivan, germinan y maduran todo tipo de plantas, cuyos objetivos pueden ser la diversificación de ingresos o la reproducción de especies nativas resilientes para reforestación o restauración.

La producción de especies vegetales se logra mediante la propagación vegetativa y reproducción de semillas cuyo cuidado y mantenimiento requiere del uso de técnicas como sistemas eficientes de riego o manejo integrado de plagas y nutrientes. Generalmente el vivero produce sus propios abonos orgánicos y pesticidas ecológicos.

Entre los factores que determinan las características de un vivero y de sus plantas se encuentran la frecuencia de riego, la luz, el sustrato empleado, la temperatura y la humedad ambiental. Los componentes de un vivero son: área de semilleros, áreas de crecimiento, área de preparación del sustrato y bodega.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 3 - Reforzar el uso y la ordenación sostenibles de los ecosistemas.

Duración

Esto dependerá del sistema de producción seleccionado: temporal o permanente y de la demanda de plántulas.

Lugar de implementación

Se selecciona un sitio, ya sea en el área urbana o en el área rural, que cuente con condiciones óptimas tales como cerca del lugar de plantación, protección contra el viento, con fácil acceso, con una fuente de agua próxima, que posea luz solar, que sea un terreno plano y tenga protección de los animales.

Beneficiarios (~#)

Como se utiliza mano de obra local, el número de beneficiarios individuales puede ser significativo. Asimismo, esta medida es de carácter colectivo, ya que van dirigidas a un grupo en particular, los agricultores, con un interés común.

Co-beneficios sociales y económicos

- Involucramiento de la comunidad.
- Generación de empleos.
- Impacto en los medios de vida.



Para más información
www.cityadapt.com



Amenazas atendidas



Temperatura
extrema



Lluvias
intensas

Principales impactos climáticos atendidos



Pérdida de productividad

Preparar y cultivar plantas nativas resilientes al clima de la zona, prevee menores pérdidas en la productividad.



Menor seguridad
alimentaria

Mediante el cultivo de plantas bajo condiciones controladas, se aumenta la producción en comparación con su estado natural.



Pérdida de cosechas

Hay reducción en las pérdidas de cosechas, ya que las plantas mas fuertes van al sitio de siembra.

Fases de implementación

Fase 1. Evaluación del sitio y preparación

1 Selección del sitio

Se selecciona un sitio que cuente con las condiciones óptimas, acorde al sistema de producción (ya sea temporal o permanente). Se deben considerar las características propias del terreno, suelo, clima, cultivos y especies a sembrar.

2 Preparación del terreno

En esta actividad se desyerba el área para evitar que haya hospederos de plagas. Con los residuos recolectados se puede preparar abono mediante el proceso de compostaje o se ubica en algún lugar donde se pueda descomponer de forma natural, siempre teniendo presente no quemarlo.

Construcción de obras e infraestructura

Se procede a la construcción de invernaderos que protegen a las plántulas de las condiciones cambiantes de temperatura, extremos de calor o lluvias intensas.

3 Se elaboran estructuras de bambú para ramada, a una altura de 2 metros que facilite la circulación de los trabajadores y permita el desarrollo de cualquier labor. Se cubren con maya saram y palmera de coco, que proporcionan el 50% de sombra a las plántulas.

Fase 2. Ejecución

4 Obtención de semillas, esquejes y estacas

Es muy importante que este material sea de buena calidad. Se recomienda utilizar semilla certificada. La siembra se debe hacer lo antes posible luego de la compra.

5 Construcción de camas de germinación o eras

La construcción de las eras se realiza con materiales duraderos y resistentes, como bloques de cemento y con una altura de 20 cm, perpendiculares al nivel del terreno y deben contar con un buen drenaje.

La preparación de la tierra se hace mezclando dos partes de tierra, una parte de arena previamente lavada y cernida y una parte de abono o materia orgánica, que enriquece la mezcla.



Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> Total de plantas producidas por especie (número)
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> Ingresos generados Número de especies nativas preservadas



Referencias

Asociación Nacional del Café (2022).

Guía técnica para la elaboración de viveros de café.

Consejo Salvadoreño del café (2019).

Guía práctica de Caficultura. Instituto Interamericano para la Agricultura. Unión Europea.

PNUMA (2018) Microfinanzas para la

Adaptación basada en Ecosistemas: Opciones, costos y beneficios. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- Frankfurt School- UNEP Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy.

6 Adecuación del sitio

Previo a la siembra de semillas, se debe desinfectar unos 4 - 6 días antes las camas de germinación. Para la desinfección se puede utilizar agua hirviendo o productos químicos para evitar la presencia de hongos.

Las semillas se colocan una al lado de la otra (para el caso del café), evitando amontonamiento. Posteriormente

7

Trasplante del germinador a la bolsa

Las bolsas se llenan con la misma mezcla de las eras, procurando evitar cámaras de aire y dejando 2 cm libres en la parte superior. Estas bolsas deben estar perforadas en los lados y en el fondo para un buen drenaje.

El trasplante se realiza en 60 - 90 días después de la siembra. Un día antes de realizar el trasplante debe regarse el germinador y las bolsas, esto facilita la extracción de las plántulas. Como criterio de selección, se trasplantan únicamente plántulas, sin enfermedades, vigorosas y sin raíz deforme.

Al realizar este paso se debe preparar una solución fungicida en la que se sumergirá la raíz luego de realizar un pequeño corte. Esta práctica se hace para inducir un desarrollo radicular.

Mantener las plantas con riego frecuente, y su aplicación debe hacerse a una altura máxima de 50 cm. No dejar que las malezas se desarrollen.

Fase 3. Mantenimiento

8

Se debe mantener un control fitosanitario preventivo en el cual se aplique fungicida e insecticida cada 8-10 días y tener especial cuidado en el control de sombra para evitar la proliferación de enfermedades fungosas ocasionados por la humedad.

Fase 4. Desalojo

9

Es importante realizar el trasplante al campo definitivo en épocas de abundante precipitación, para favorecer la adaptación de la planta. Este se realiza a los 4-5 meses cuando por lo menos posee 6 pares de hojas bien formadas.

Costos e insumos¹

Descripción	Costo Total (US \$)
Compra de semilla ²	1,056.00
Insumos y herramientas	6,370.00
Mano de obra	6,984.00
Total	14,410.00

1. Los costos se estiman para un vivero de café, para un periodo productivo de 6 meses. No incluye gastos por infraestructura.

2. El costo puede variar de acuerdo a la especie y/o variedad seleccionada y la disponibilidad del mercado.

8. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Siembra de árboles frutales



La siembra de árboles frutales en zonas urbanas y a escala de microcuenca permite impulsar el interés de la población en recuperar y mantener la cobertura arbórea en la ciudad, que contribuya a disminuir los efectos de cambio climático a nivel local. La presencia de árboles frutales contribuye así a la mejora de las condiciones ambientales de la comunidad, ya que los eventos prolongados como la sequía tienen menor impacto en el suelo y se regula el microclima a nivel local; asimismo, regula las condiciones de infiltración y del agua, protege al suelo de la erosión, brindando alimentación de los frutos obtenidos.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 3 – fortalecer la aplicación de políticas inclusivas mediante la implicación comunitaria para mejorar los medios de vida.

Duración

La siembra de frutales se puede realizar en los dos primeros meses del periodo de lluvia, no superando este periodo para aprovechar el aporte de agua. La duración de las plantaciones dependerá de las especies plantadas y del mantenimiento que se les dé.

Lugar de implementación

Los árboles frutales pueden crecer en un rango amplio de suelos pues pueden encontrar agua y nutrientes a mayor profundidad. La mayoría de los árboles frutales no toleran suelos muy húmedos (a excepción del banano). En suelos húmedos es necesario cavar un canal de desagüe para evitar el daño de los frutales. La mayoría de los árboles frutales prefieren la luz solar directa.

Beneficiarios (~#)

Se enfatiza en la escala colectiva, debido a que es una acción orientada a generar la participación de la población residente en la comunidad.

Amenazas atendidas



Temperaturas altas



Sequía



Cambios en los patrones de lluvia

Co-beneficios sociales y económicos

Mayor insumo

- Utiliza un área de suelo ya disponible y desaprovechada.
- Implementación sencilla, inversión económica relativamente baja, bajos costos de mantenimiento

Producción

- Producen fuentes de alimento

Cohesión social

- Fortalecimiento de la comunidad, uso y fortalecimiento de capacidades comunitarias y/o de cooperativas.



Para más información:
www.cityadapt.com



Principales impactos climáticos atendidos



Incremento de temperaturas a nivel local

La siembra de frutales permitirá a mediano plazo la regulación de la temperatura, modificando el microclima en el sitio.



Inundaciones

Contribuye a la infiltración de agua a través del sistema radicular.



Erosión

Mitiga el efecto de erosión, a través del sistema radicular que forman un tramado subterráneo evitando que se desprendan elementos, además mantiene unidos los elementos del suelo y absorben el exceso de agua que "lava" el suelo.



Deslizamientos

Con menos flujo de agua e inundaciones, se reduce el riesgo de deslizamientos.

Fases de implementación

Fase 1. Evaluación del sitio y especies

- 1 Se debe realizar una búsqueda de información secundaria que proporcione una línea base de la situación actual de la zona a intervenir, con el objetivo de identificar antecedentes de acciones previamente realizadas en el lugar y conocer los actores locales para articular las intervenciones a nivel comunitario, municipal o gubernamental.
- 2 Se realizan las coordinaciones con representantes de las diferentes comunidades, para llevar a cabo las visitas de reconocimiento y evaluación. Es importante generar vínculos de colaboración, que proporcionen información referente a la seguridad alimentaria y labores de producción a nivel comunitario.
- 3 Se debe realizar un mapeo de la zona, es decir identificar los espacios físicos donde existe la probabilidad de desarrollar la plantación de las especies frutales tomando de referencia sectores de interés que impactan en la resiliencia de las comunidades.
- 4 Se identifica qué tipo de plantas son de aprovechamiento directo para consumo y qué especies frutales son las más comunes y prevalentes para uso a nivel local.
- 5 Se evalúan las condiciones del terreno para realizar la siembra de árboles frutales valorándose principalmente la disponibilidad de espacio físico y la posibilidad de desarrollo de plantas en los espacios identificados.

6

Se genera un listado de especies a utilizar en las acciones de arborización con frutales dentro en los sitios seleccionados. Las especies deben cumplir algunos criterios ecológicos necesarios para resistir las condiciones climáticas en el medio, esto con la finalidad de asegurar su sobrevivencia y que a la vez puedan generar los servicios ambientales esperados.

Phase 2. Implementation

7

Se adquieren las plantas o se producen en vivero procurando que las mismas sean aquellas con el mejor desarrollo posible, seleccionando las más vigorosas.

8

Se prepara el terreno donde serán plantadas y se acopian para realizar la jornada de siembra con la participación de personas de la comunidad, con la finalidad de integrarlos en el proceso.

9

Se hace la entrega de materiales y herramientas necesarias para realizar la siembra y se conforman equipos con los participantes en la actividad.

10

Se limpia el sitio, realizando el proceso de corta de las especies vegetales que inhiben el crecimiento de las plantas.

11

Se hace la distribución de la siembra. Cuando el espacio lo permite, se recomienda que se realice a tres-bolillos, sembrándose a cada 3 o 4 metros una planta de la otra según las especies de interés. La siembra a tres bolillos: consiste en plantar los

árboles en hileras, pero teniendo en cuenta que cada planta de la línea quede frente al hueco de la fila siguiente. Este tipo de plantación permite plantar más árboles por hectárea y reduce el auto-sombreo entre las especies plantadas. Las raíces nunca deberán recibir luz solar directa para así evitar su deshidratación.

12 Se hace el ahoyado con base a la disponibilidad de espacio y la especie seleccionada. Se cavan hoyos con ayuda de pala dúplex o azadón, de 40 cm de diámetro y 45 cm de profundidad, dependiendo de la especie a plantar.

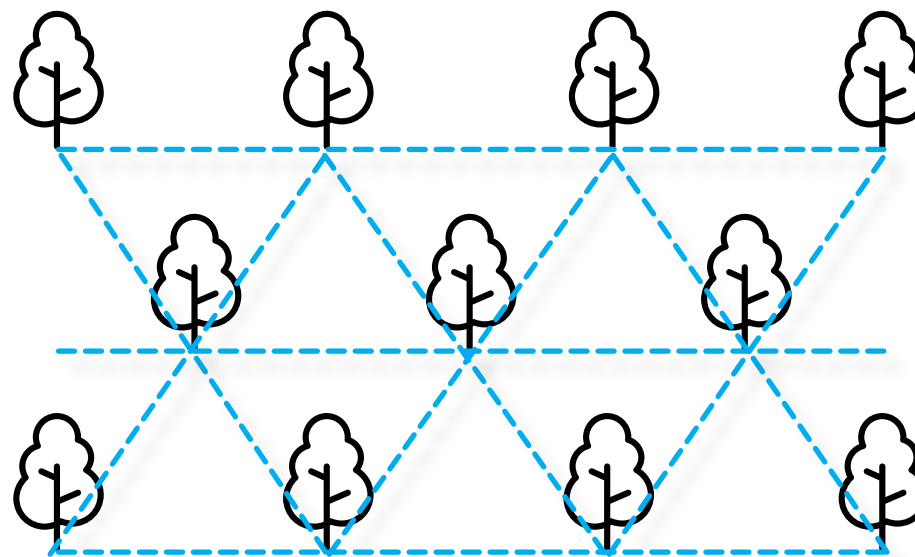
13 Se realiza la siembra de la planta retirando el depósito o bolsa donde estaba sembrada, procurando no dañar la raíz principal y manteniendo el sustrato donde se desarrolló la planta.

Fase 3. Mantenimiento

14 Fertilización: beneficia a los árboles, principalmente en el momento de la siembra. Generalmente 2 kg de compost deben aplicarse al plantar y luego, cada cuatro meses, se debe aplicar nuevamente. Se puede poner fertilizante o compost antes de la floración, nunca durante la misma, y otra vez cuando el fruto está medio maduro.

15 Riego: los frutales jóvenes son muy sensibles a sequías y necesitan riegos diarios durante la temporada seca en los dos primeros años de vida. Los árboles más viejos son más resistentes.

16 Podas: algunos árboles se benefician de las podas. Al sembrar, seleccione ramas fuertes superiores para que se conviertan en el tronco del árbol. Mientras el árbol crece, pode las ramas que están muy cerca o rozándose entre ellas. Esto permite que el aire y la luz circulen por el árbol, reduciendo plagas y promoviendo la fructificación.



Costos e insumos¹

Descripción	Total
900 Árboles frutales	\$900
Herramientas ²	\$263
Insumos ³	\$99
Mano de obra para poda, ahoyado y siembra (70 jornales)	\$700
Total	\$ 1,962

1. Este cálculo corresponde al valor de 1 hectárea de cultivo de cacao en El Salvador. Sin embargo, el monto varía dependiendo del tipo de fruta que se desea cultivar, así como el arreglo y el sistema de siembra que se utilice.

2. 4 palas dúplex, 4 chuzos, 4 azadones, 1 carretilla, 2 corvos, 4 cumas, 1 bomba de mochila, 4 cubetas.

3. Abono orgánico, harina de roca, fertilizante foliar.

Indicadores

Implementación	Superficie plantada (ha)
Impacto cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de crecimiento • Densidad de plantas por unidad de área • Número de productores involucrados • Número de sistemas implementados • Tasa de involucramiento de mujeres en los procesos de cultivo y producción • Temperatura ambiente • Humedad ambiente



References

JICA (2017) Manual del protagonista, Cultivo de Frutales, Instituto Nacional Tecnológico, Dirección general de formación profesional, Managua, Nicaragua, 135 p.

Alonso Mielgo A. & J. Arcos Martin () Buenas Prácticas en Producción Ecológica, Cultivo de Frutales, Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, Gobierno de España, 32 p.

Fundación Ishpingo (2012) Guía práctica para el cultivo de frutales, Recolección de semillas, Manejo de vivero, Agroforestería y técnicas en fruticultura; 52 p.

Fichas técnicas de las principales especies frutales nativas y exóticas- Alto Napo - Amazoni Ecuatoriana, Tena, 2012.

9. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Zanjas de infiltración



Las zanjas de infiltración ayudan a estabilizar y mantener la humedad del suelo al almacenar aguas de escorrentía superficial. Son canales de forma trapezoidal construidas a nivel en dirección transversal a la pendiente. Tienen por objetivo captar el agua que escurre, disminuyendo los procesos erosivos, al aumentar la infiltración del agua en el suelo.

Estas obras de recuperación de suelos, pueden ser construidas de forma manual o mecanizada, y se sitúan en la parte superior o media de una ladera, para capturar y almacenar la escorrentía proveniente de las cotas superiores.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai:
Objetivo 3
Reforzar el uso
y la ordenación
sostenibles de los
ecosistemas.

Duración

La implementación de 1000 metros lineales de zanjas de infiltración puede realizarse en un aproximado de 7 días, dependiendo de la disponibilidad de recursos humanos y la complejidad del terreno. El tiempo de funcionamiento de las zanjas dependerá del mantenimiento.

Lugar de implementación

Son ideales en zonas húmedas y en terrenos con pendientes de 10 a 40% ya que en terrenos con mayor pendiente se dificulta su elaboración y manejo; en terrenos con textura franca (suelos que contienen una gran cantidad de materia orgánica) que dejan infiltrar fácilmente el agua. No es recomendable para terrenos con texturas sueltas, que puedan derrumbarse, y en terrenos con alta pedregosidad, lo que aumenta los costos de construcción.

Beneficiarios (~#)

Los beneficiarios directos son los productores y personal involucrado para la elaboración de zanjas y para la producción de cultivos. De forma indirecta, los beneficiarios son los habitantes de la cuenca donde se implemente, ya que las zanjas reducen el volumen de agua superficial, evitando inundaciones.

Co-beneficios sociales y económicos

Beneficios económicos indirectos

- Mejora los servicios ecosistémicos como recurso hídrico o protección contra desastres.
- Los servicios ecosistémicos benefician a las comunidades al reducir costos asociados con inundaciones, sequías y pérdida de cultivos.

Creación de espacios educativos

La restauración de áreas críticas proporciona oportunidades para la educación ambiental y la conciencia ecológica.

Generación de empleo

La restauración de áreas críticas conlleva la creación de empleo en actividades como viveros, siembra, mantenimiento y monitoreo de los proyectos.

Captura y almacenamiento de carbono

Los árboles absorben el dióxido de carbono de la atmósfera a medida que crecen, ayudando a mitigar el cambio climático al actuar como sumideros de carbono.



Para más información
www.cityadapt.com



Amenazas atendidas



Cambios en patrones de lluvia



Lluvias intensas

Principales impactos climáticos atendidos



Inundaciones

Disminuye inundaciones en zonas bajas al reducir el flujo superficial.



Erosión

Mitiga el efecto de erosión de las avenidas de agua por lluvias intensas.



Pérdida de productividad o daño de cultivos

Proporciona humedad y mejora la fertilidad, favoreciendo las actividades productivas, y disminuye la pérdida de cultivos por inundaciones y erosión, aumentando así la seguridad alimentaria.

Fases de implementación

Fase 1. Evaluación del sitio y diseño

1 Elección de un lugar

Se realiza el cálculo de pendiente del terreno, expresada est como la diferencia de altura que existe entre dos puntos del terreno y representada en grados o como porcentaje. Conocer su medida influye en la toma de decisiones para definir el tipo de cultivo y la obra de conservación de suelo, así como el distanciamiento al que se establecerá una estructura de la otra.

- Utilizando el nivel tipo "A", buscar puntos con pendientes mas representativos. En uno de los puntos, colocar el nivel con la abertura de las patas en dirección de la pendiente.
- Nivelar el aparato, haciendo coincidir la pita de la plomada a la marca que se encuentra en el travesaño. Al estar nivelado el aparato, medir en centímetros el espacio que existe entre el suelo y la pata.
- El espacio encontrado se divide entre dos (2 metros es distancia entre las patas del aparato), y el resultado es la pendiente expresada en porcentaje.
- El procedimiento se repite en cada uno de los puntos seleccionados. Se realiza la sumatoria de las diferentes pendientes y se divide entre el número de lecturas, para obtener la pendiente promedio. Se utiliza la siguiente relación de distancias conforme la pendiente:

Pendiente %	Distancia (metros)
5	20
10	15
15	12
20	9
25	8
30	7
35	6
40	5

Fase 2. Ejecución

2 Trazado de la obra

El trazo de la línea madre se hace ubicándose en la parte más alta del terreno proyectando una línea imaginaria hacia abajo, colocando estacas a la distancia entre obras recomendada (según la tabla anterior), de acuerdo a la pendiente del terreno.



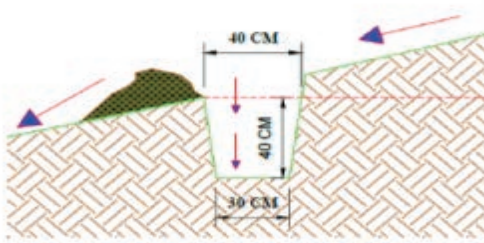
Trazando la línea sin caída para la zanja de infiltración.

3 Demarcación de la línea

Con ayuda de estacas, cavar un surco superficial para marcar bien cada curva.

4 Elaboración de la zanja

Se excava la zanja según las dimensiones indicadas (30 cm x 40 cm x 40 cm). Una persona elabora en promedio 15 metros lineales de zanja por día (este valor depende del tipo de suelo).



5 Nivelación

Se nivela el fondo de la zanja con ayuda del nivel "A". La tierra excavada se deposita y se compacta en la parte baja de la zanja.

6 Seccionado de la zanja

Se dejan tabiques a lo largo de la zanja cada 6 metros, se debe excavar hasta una profundidad de 10 cm. Esto es importante porque permitirá que el agua de una zanja llena pueda pasar a otra zanja, llenando así todas las zanjas por igual.

7 Protección de la zanja

Luego de elaborada, en la parte superior de la estructura se debe colocar algún pasto o forraje, lo que permitirá proteger la obra evitando los desbordamientos de esta.

Fase 3. Mantenimiento

8 Limpieza

Las zanjas se limpian una vez por año, de preferencia al inicio de la época de lluvia, ya que dependiendo de la cantidad de suelo acumulada, reduce su capacidad de infiltración. La entrada de suelo se puede reducir a través de barreras vivas en el borde superior de la zanja para captar el suelo con la barrera y filtrar el agua. El material arrastrado con las lluvias que se queda atrapado en la zanja, se puede mezclar con material orgánico. De esta manera se puede aprovechar la zanja como abonera por la retención de agua y el material orgánico durante la época seca.



Costos e insumos¹

Descripción	Costo Total (US \$)
Materiales ²	3.00
Herramientas ³	50.90
Mano de obra ⁴	707.02
Total	760.92

1. Los costos se estiman para 1000 metros lineales de zanjas elaborados por finca.

2. Estacas

3. Nivel tipo "A", azadón, piocha, pala, compactador. Estas herramientas se compran por finca intervenida.

4. 2 jornales para elaboración de estacas y trazo del terreno. 70 jornales para construcción de zanjas y 34 jornales para mantenimiento de zanjas (realizado 1 vez al año). El rendimiento promedio por jornal al día para construcción de la obra es de 15 metros, para el mantenimiento es de 30 metros. El pago por jornal/día es de 6.67 US\$ en El Salvador.

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Metros lineales implementados (número)
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad del suelo • Azolvamiento de la zanja por el suelo erosionado • Presencia de materia orgánica



Referencias

Pizarro, T., Flores, V., Sangüesa, P., Martínez, A. y García, R. 2004. Diseño de obras para la conservación de aguas y suelo (en línea). Consultado 6/enero/2021. Disponible en: <http://ctha.entalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/libros/disenodeobrasparalaconservaciondeaguasyuelos.pdf>

G. Barber (1996). Agricultura sostenible en zonas de ladera. Proyecto CENTA-FAO, El Salvador (en línea). Consultado: 06/ene./2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ar761s/ar761s.pdf>

Medios de vida resilientes: Sistemas silvopastoriles de montaña



Las actividades productivas rurales son la base del sistema alimentario, y como previsión ante los efectos negativos del cambio climático es fundamental promover sistemas alimentarios flexibles, que ayuden a mejorar la seguridad alimentaria, así como a enfrentar la escasez de recursos y el deterioro de los ecosistemas. En este contexto, depender de la producción de un solo bien aumenta la incertidumbre y la vulnerabilidad frente a los escenarios futuros, mientras que la diversificación productiva brinda más opciones, aumentando la resiliencia en las comunidades al permitir obtener ingresos de distintas ramas productivas o a través del incremento en la variedad de productos.

¿Qué son los sistemas silvopastoriles?

Los sistemas silvopastoriles o de ganadería regenerativa son sistemas de producción mixta que combinan en el espacio y tiempo tres componentes: plantas productivas (pimienta, café, hortalizas); árboles (nativos, maderables o frutales), y animales (bovinos, caprinos, etc.).

El objetivo de estos sistemas es reorientar la actividad ganadera hacia modelos que procuren el balance entre una mayor rentabilidad y el cuidado de la salud –de las personas, el ganado y la naturaleza–, para enfrentar de mejor manera los desafíos del cambio climático.

Este tipo de producción imita los procesos naturales establecidos desde hace miles de años en praderas y pastizales naturales, donde las manadas de herbívoros consumen totalmente los forrajes en un tiempo corto, para dar paso a pastizales manejados con cerco electrificado en el que se optimiza el consumo de forraje, se aprovechan las excretas para fertilizar el suelo y se limita la compactación del terreno por el efecto del ganado, resultando en impactos positivos en el suelo. Este impacto facilita la regeneración del suelo y la de los forrajes existentes, por lo que en este ecosistema la flora y fauna coexisten de forma equilibrada; en síntesis, se parte de un principio donde la base es equilibrar la

Co-beneficios sociales y económicos

- Mayor producción de forraje y de cabezas de ganado en una extensión reducida de terreno y sin necesidad de promover cambios de uso del suelo que eliminen ecosistemas de bosque o selva.
- Mejora la dieta de los animales proporcionando forrajes de mejor calidad.
- Incremento en el bienestar animal debido a la mayor cantidad de sombra, lo que resulta de gran importancia para las vacas lecheras.
- Control económico de malezas y matorrales sin pesticidas gracias a que el estiércol del ganado recicla nutrientes para árboles y forraje.
- Posibilidad de incrementar ingresos a partir de la presencia de otros productos dentro de la finca (árboles frutales, maderables, milpa intercalada con frutales, entre otros).
- El proceso de capacitación para la implementación de estos sistemas promueve el fortalecimiento de los lazos comunitarios y de organizaciones productivas, mejorando las condiciones de venta y distribución de sus productos.



biodiversidad funcional y productiva del espacio.

Los sistemas silvopastoriles se identifican como una medida de adaptación basada en ecosistemas (AbE), porque ayudan a reducir los cambios de uso del suelo y se convierten en una práctica menos destructiva para el entorno natural. Al mismo tiempo, el aumento de la cobertura arbórea en los pastizales favorece la humedad y la infiltración de agua de lluvia, disminuyendo la erosión y los peligros de deslizamientos y derrumbes. Esta diversificación productiva no solo aporta beneficios económicos, también conserva o incrementa algunos servicios ecosistémicos, como la captura y almacenamiento de carbono y la integridad del hábitat para diversas especies animales y vegetales.

El modelo desarrollado para el proyecto CityAdapt en México, se implementó en una cuenca abastecedora de agua para la ciudad de Xalapa (ríos Pixquiac y Sordo, Figura 1). Consistió en establecer sistemas silvopastoriles que permitan a los ganaderos racionalizar el aprovechamiento del bosque, al mismo tiempo que se intensifica el uso del suelo mediante la rotación del pastoreo usando cercos eléctricos. (Fuentes, y otros, 2012).



Duración

Incluyendo los mecanismos de capacitación a los propietarios de los predios, puede durar alrededor de un año, mientras que su permanencia depende del grado de apropiación, de resultar exitoso puede permanecer por muchos años, e incluso mejorarse con los resultados de un adecuado marco de monitoreo y evaluación.

Lugar de implementación

Los sistemas silvopastoriles pueden adaptarse prácticamente a cualquier condición donde exista interés por la reorientación de la ganadería hacia modelos que procuren el balance entre una mayor rentabilidad, el cuidado de la salud y el medio ambiente. En la ciudad de Xalapa, México, la medida se implementó en predios rurales montañosos ubicados en las cuencas de recarga y aprovisionamiento de agua.

Beneficiarios

En el caso de Xalapa se instalaron 20 parcelas con alrededor de 80 a 100 beneficiarios directos y 185,642 indirectos, ya que el agua que proveen las cuencas donde se implementó el sistema, representa el 38% del agua que consume la población total de la ciudad, además de los propietarios de los predios colindantes, ya que estarán menos expuestos a los peligros de erosión y deslizamiento.



Ejemplo de una planta con un cerco de protección.

Costos e insumos

El costo medio de implementación por hectárea bajo manejo silvopastoril en el caso de Xalapa, México fue del orden de USD \$3900. Este monto incluye todas las etapas de implementación, insumos y materiales de comunicación.

Principales impactos climáticos atendidos



• Mayor retención de humedad en el suelo, incremento de la infiltración de agua de lluvia, apoyando el cuidado de fuentes de agua y zonas de recarga.



• Amortigua el peligro de inundación aguas abajo de la cuenca.



• Disminuyen los peligros de deslizamientos y derrumbes.



• Conserva o incrementa algunos servicios ecosistémicos, como la captura y almacenamiento de carbono o la integridad del hábitat para diversas especies animales y vegetales.



• La presencia de árboles aumenta el hábitat para la vida silvestre favoreciendo la biodiversidad.



• Disminuye los procesos erosivos al aumentar la cobertura arbórea en los pastizales, en especial en temporada de lluvias.



• Los arbustos y árboles capturan carbono del aire y lo utilizan para su crecimiento.



• La cobertura vegetal contribuye a regular el microclima.



Amenazas atendidas



Cambios en patrones de lluvias



Lluvias intensas



Erosión



Sequías



Derrumbes y deslizamientos



Pérdida de disponibilidad de agua

Relación con ODS y SENDAI



Prioridad 2: Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo.

Prioridad 4: Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y “reconstruir mejor” en los ámbitos de recuperación, rehabilitación y reconstrucción.

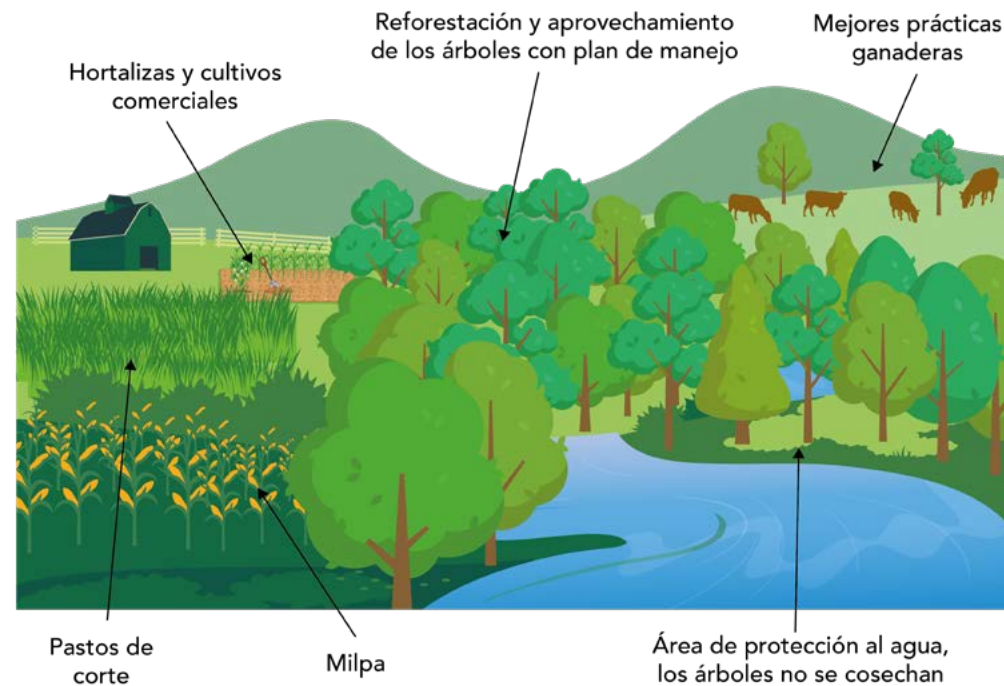


Figura 1. Modelo silvopastoril con intensificación ganadera y una hectárea de reforestación.

Lecciones aprendidas

- Los sistemas silvopastoriles de montaña permiten la reconversión de una ganadería intensiva de muy baja productividad hacia sistemas más productivos.
- Favorecen la rehabilitación de áreas deterioradas por la ganadería extensiva, la deforestación y el agotamiento de los suelos.
- Son una alternativa productiva en zonas de conservación o de captación de agua en cuencas abastecedoras, así como en territorios expuestos a peligros asociados con el cambio climático como son la erosión, deslizamientos de tierra, sequías o inundación.
- Favorecen la preservación de la biodiversidad ya que permiten ampliar la cobertura forestal, producir madera y contribuir a la disminución de emisiones.
- Como resumen del acompañamiento técnico, la reforestación y la implementación de tecnologías y diversificación de un predio silvopastoril se obtuvo que:

“...En un lapso de 3 años don Patricio pasó de tener 6 vacas en 5 hectáreas a criar 11 cabezas dentro de poco menos de 3 hectáreas, el rendimiento de su ordeña se incrementó 3 veces respecto a lo que lograba hace 5 años”.

Fases de implementación

Diseño de la implementación basado en experiencias previas en regiones de montaña, con algunas variantes que promueven la conservación de servicios ecosistémicos al tiempo que ofrecen medios de vida más resilientes, por ejemplo el pastoreo racional Voisin (Rúa Franco, 2020). Este se enfoca en un pastoreo que optimice el potencial productivo de los potreros, cuidando el tiempo de regeneración de los forrajes sin afectarla con exceso de compactación por parte de las pisadas de los animales.

Etapa 1. Creación de capacidades en forma intensiva a los ganaderos

La creación de capacidades incluye los siguientes tópicos:

- Mejoramiento de praderas bajo el enfoque de la ganadería silvopastoril de montaña, una de las formas de concebir la ganadería regenerativa (pastos, arvenses, bancos de proteína).
- Establecimiento de especies de árboles nativos y comerciales.
- Diseño en implementación de terrazas a nivel mediante el aparato A.
- Cerco eléctrico.
- Conservación de suelo, agua y biodiversidad.
- Pastoreo rotacional, diversidad de la pradera.

- Bienestar y salud animal.
- Salud e higiene.
- Alimentación.
- Transformación de productos
- Diseño integral de agroecosistemas en el contexto de cambio climático.

Etapa 2. Implementación

La implementación de la medida consiste en la instalación del cerco electrificado para el manejo del ganado, el trazado de curvas de nivel para la siembra de árboles frutales, y cuando las condiciones de terreno lo permitan la diversificación del espacio incluyendo milpa intercalada con árboles frutales. Para más información y guías detalladas consultar: <https://cityadapt.com/publicaciones/>



Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Hectáreas de terreno intervenido (ha).
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Número de personas capacitadas (#). • Número de módulos demostrativos instalados (#). • Número de árboles sembrados y supervivencia en el tiempo (#). • Materiales de divulgación generados (vídeos, infografías, fotografías, kits de divulgación) (#). • Ingresos generados de la actividad silvopastoril (pesos/año) • Porcentaje de la cobertura forestal que se conserva y restaura de acuerdo con la línea base (ha).
Impacto cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción de las personas sobre el mejoramiento en su calidad de vida. • Percepción de las personas sobre los servicios ambientales recuperados.



Referencias

- CityAdapt - ONU Medio Ambiente. (2020). Estudio de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático en Xalapa y Tlalnelhuayocan, Veracruz. Xalapa: ONU Medio Ambiente, Fondo Golfo de México, Fondo Mundial para el Medio Ambiente.
- CityAdapt, 2022. Guía práctica de ganadería silvopastoril de montaña: Técnicas para la adaptación al cambio climático, disponible en: <https://cityadapt.com/publicaciones/>
- CityAdapt, 2022. Guía práctica: Milpa intercalada con árboles frutales – MIAF- en sistemas agroecológicos para adaptarse al cambio climático, disponible en: <https://cityadapt.com/publicaciones/>
- Fuentes, T., Gerez, P., Paré, L., Vidriales, G., Pérez, K., Toledo, T., . . . Mendoza, M. (2012). En L. Paré, & P. Gerez, Al filo del agua: cogestión de la subcuenca del río Pixquiac, Veracruz (págs. 219-258). México: SEMARNAT, INE.
- Proain, 2020. Qué es el ensilaje y cuál es el proceso de elaboración. Disponible en: <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/que-es-el-ensilaje-y-cual-es-el-proceso-de-elaboracion>
- Rua Franco, M. (2020). Manual Práctico del Pastoreo Racional Voisin (PRV). Medellín, Colombia: CEG.
- SADER, 2020. Bionsumos, como fórmula para avanzar en la autosuficiencia alimentaria con transición agroecológica. Disponible en: Bionsumos transición agroecológica | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx (www.gob.mx)

www.cityadapt.com

11. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Infraestructura urbana resiliente: Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales



La rápida urbanización de las ciudades ocurre en el contexto de una precaria planeación urbana, lo que resulta en problemas como el establecimiento de viviendas irregulares en zonas no aptas para asentamientos humanos, incremento del riesgo para sus habitantes y el deterioro de los recursos naturales. Al mismo tiempo que sucede esta expansión urbana, los problemas sociales como la inequidad social, la pobreza y el desempleo han incrementado. Además, estos problemas se pueden agudizar debido a los efectos del cambio climático.

Entre los ecosistemas más afectados por el crecimiento urbano se encuentran los humedales.

Los humedales son tierras de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, donde la capa freática está habitualmente al mismo nivel o cerca de la superficie, o bien el terreno está cubierto por aguas poco profundas (Moreno-Casasola and Barry, 2009). Además, estos ambientes se caracterizan por la presencia de especies vegetales capaces de tolerar la Los humedales son tierras de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, donde la capa freática está habitualmente al mismo nivel o cerca de la superficie, o bien el terreno está cubierto por aguas poco profundas (Moreno-Casasola and Barry, 2009). Además, estos ambientes se caracterizan por la presencia de especies vegetales capaces de tolerar la condición de inundación permanente o temporal.

Los humedales brindan un elevado número de servicios ecosistémicos como la protección contra tormentas, atenuación de inundaciones, provisión de materiales y la purificación del agua. Por este último servicio los humedales han sido llamados los riñones del planeta. Gracias a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, se eliminan los contaminantes orgánicos e inorgánicos contenidos en el agua que fluye a través de los humedales (Mitsch and Gosselink, 2015; Marín-Muñiz, 2017). No obstante, pese a la importancia de estos ecosistemas estos son frecuentemente desecados.

Co-beneficios sociales y económicos

- Un humedal artificial como el que se construyó en Xalapa puede poner agua a disposición para más personas, al tiempo que se reutiliza el agua tratada.
- Disminuye la contaminación de cuerpos de agua cercanos al evitar el vertido de aguas no tratadas al medio natural.
- La reutilización del agua tratada significa un ahorro económico para las instituciones y el gobierno local al dejar de consumir y pagar agua de la red municipal.
- En zonas rurales con poca infraestructura hidráulica, los humedales artificiales son una opción viable para el tratamiento de aguas residuales y a su vez promueven la conservación del entorno natural.
- La capacitación para el diseño, implementación y mantenimiento del humedal promueve la creación de grupos interdisciplinarios de investigación que pueden realizar evaluaciones relacionadas el monitoreo y los beneficios de contar con ese tipo de sistemas, aportando datos científicos que sustentan la relevancia de esta solución basada en la naturaleza.





Humedal natural.

Por lo anterior, recuperar las funciones de estos ecosistemas brinda importantes beneficios a la comunidad, tanto por su función depuradora del agua, como por el control de la temperatura y las inundaciones en zonas urbanas y periurbanas al acumular y retener el agua de lluvia, además de ser un importante hábitat para especies adaptadas a estas condiciones cambiantes, mejorando la biodiversidad del sitio.

Este rescate se puede hacer restaurando humedales naturales o construyendo humedales artificiales. Los humedales artificiales son celdas con sustrato y vegetación en los que se imitan los procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar los contaminantes de las aguas residuales, tal y como ocurre en los humedales naturales, brindando además un hábitat para diversas especies terrestres y acuáticas (Mitsch and Gosselink, 2015).

Los mecanismos por los que este tipo de sistemas son capaces de depurar las aguas residuales se basan en los siguientes principios:

- Eliminación de sólidos en suspensión gracias a procesos de filtración que tienen lugar entre el sustrato y las raíces.

- Eliminación de materia orgánica por la acción de los microorganismos (principalmente bacterias). Los microorganismos que se desarrollan pueden ser aerobios (con O₂) o anaerobios (sin O₂).

- Eliminación de nitrógeno ya sea por acción directa de las plantas, o por procesos de nitrificación-desnitrificación desarrollados por los microorganismos antes mencionados.

- Eliminación de fósforo principalmente debido a los procesos de adsorción sobre los componentes del sustrato.

- Eliminación de patógenos mediante la absorción en el sustrato, la toxicidad producida por las raíces de las plantas y la acción depredadora de bacteriófagos y protozoos.

Además del tratamiento de las aguas residuales municipales, los humedales han sido utilizados por una variedad de industrias para el tratamiento de escorrentía de aguas agrícolas y de lluvias, lixiviados en vertederos, rebose de alcantarillados, drenaje de minas y aguas residuales domésticas.

Tipos de humedales artificiales

De acuerdo con el tipo de flujo del agua a través del sistema, los humedales artificiales se clasifican en humedales de flujo sub-superficial y humedales de flujo superficial. Es importante destacar que el humedal implementado en Xalapa corresponde al tipo sub-superficial.

Humedales de flujo sub-superficial

Estos sistemas se diseñan con el objetivo de proporcionar un tratamiento secundario avanzado del agua, y consisten en canales o zanjas excavadas, rellenos de material granular en los que el nivel de agua se mantiene por debajo de la superficie de estos materiales y al fluir lentamente a través de ellos entra en contacto con las raíces de las plantas que penetran hasta el fondo del sustrato. Además, estos humedales son de los más utilizados pues tienen la ventaja de tratar cantidades significativas de agua y evitar la aparición de vectores transmisores de enfermedades como los mosquitos (Tilley et al. 2014).



Humedal de flujo sub-superficial circular.

Duración

La etapa de construcción de los módulos de un humedal artificial depende de su diseño y tamaño. En el caso del humedal artificial subsuperficial construido por CityAdapt en la ciudad de Xalapa, la obra se realizó en alrededor de ocho meses. La vida útil del sistema depende del mantenimiento que se le brinde y esta puede ser de muchos años.

Lugar de implementación

Los humedales artificiales pueden construirse prácticamente en cualquier sitio que cuente con un terreno con la superficie necesaria para su instalación y que tenga la topografía adecuada para facilitar un funcionamiento por gravedad. Estos pueden ser pequeños, por ejemplo, para escuelas o edificios públicos, o de mayor tamaño para tratar las aguas residuales de pequeñas localidades e incluso municipios.

Beneficiarios

En el caso del humedal artificial instalado en una institución de enseñanza superior de Xalapa se estiman alrededor de 630 beneficiarios directos. Este humedal es capaz de tratar poco más de 16,000 litros de aguas residuales cada cuatro días, cantidad que es utilizada para el riego del campo de fútbol. Además, al dejar de usar agua de la red para el riego, este volumen queda disponible y puede cubrir las necesidades básicas de más de 100 personas.

Amenazas atendidas



Seqüías



Pérdida de disponibilidad de agua

Relación con ODS y SENDAI



Prioridad 2: Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo.

Prioridad 3: Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.



Lecciones aprendidas

- En México solo el 60% de las aguas residuales se tratan, esto supone serios obstáculos para la resiliencia de las ciudades por lo que este tipo de soluciones responden a un problema de grandes proporciones, haciendo uso de espacios verdes urbanos que pueden al mismo tiempo servir para el tratamiento de agua. En escala adecuada esta solución puede apoyar a la resiliencia de una ciudad media como Xalapa.

- El diseño sistémico de soluciones que respondan a problemáticas locales como es el caso del tratamiento de aguas residuales demanda un trabajo transdisciplinario, en donde es necesario que urbanistas, arquitectos, ingenieros y biólogos establezcan un lenguaje común. También demanda un trabajo interinstitucional y con gobiernos locales vecinos que apunte a la conservación de los servicios ecosistémicos que ofrecen los espacios verdes urbanos, evitando el vertimiento de aguas residuales sin control en zonas donde los servicios públicos no pueden llegar.

Fases de implementación

Etapa 1. Diseño

Estudios preliminares: topografía y mecánica de suelos.

Diseño :

1 Con base en las condiciones del terreno y el volumen de aguas residuales a tratar, se determina el tiempo de retención necesario para tratar el agua y el arreglo geométrico (superficie necesaria).

2 Una vez definido el arreglo geométrico se diseña la obra civil y el sistema de tratamiento primario el cual normalmente utiliza un biodigestor anaerobio.

En el caso del humedal instalado en Xalapa se optó por un sistema que consiste en un biodigestor a donde llegan directamente las aguas residuales, este se encuentra conectado a un sistema de tres humedales de flujo subsuperficial donde se trata el agua y finalmente esta se almacena en un tanque con capacidad suficiente (Figura 1).

Este sistema de humedales puede funcionar en serie o en paralelo, contando con un sistema de válvulas y tuberías que permite que el filtrado sea a través de los tres módulos o que actúen de forma separada sin importar el orden Figura 1.

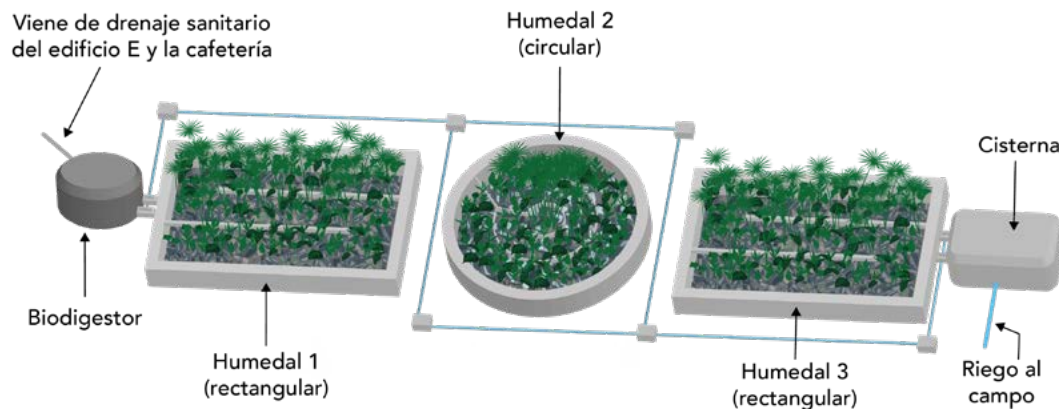


Figura 1. Arreglo de sistemas de humedales.

Costos e insumos

El costo por litro de agua tratada fue de USD 16.40, sin embargo, el diseño y construcción de este tipo de proyectos obedecen a condiciones específicas de cada sitio por lo que este costo debe considerarse indicativo.

Etapa 2. Paleta vegetal

De acuerdo con las condiciones climáticas y de carga orgánica del sistema de humedales diseñado, se seleccionaron plantas con alta capacidad para la remoción de nutrientes y con valor ornamental como parte de la estrategia de salida del proyecto; desde esta perspectiva y de acuerdo con las recomendaciones de Delgadillo et al. (2010) se optó por la siguiente paleta vegetal:

Nombre común: Ave del paraíso
Nombre científico: *Strelitzia reginae*



- Apta para la eco-región
- Fácil propagación.
- Capacidad media de transformación de nutrientes en biomasa.
- Potencial de remoción de N, P y K por la vía de poda. y cosecha de biomasa.
- Alto valor ornamental.
- Capacidad media de captura de carbono.

Nombre común: Antorcha
Nombre científico: *Heliconia*



- Planta adecuada a la ecorregión.
- Gran capacidad de crecimiento y remoción de nutrientes en exceso.
- Potencial medio de remoción de N, P y K por medio de poda.
- Alto valor ornamental.
- Capacidad media de captura de carbono.

Nombre común: Alcatraz
Nombre científico: *Zantedeschia Aethiopica*



- Capaz de crecer bajo diversas condiciones.
- Fácil propagación.
- Capaz de una alta transformación de nutrientes en biomasa.
- Potencial de remoción de N y P por la vía de poda y cosecha de biomasa.
- Alto valor ornamental
- Capacidad media de captura de carbono

Nombre común: Papiro
Nombre científico: *Cyperus papyrus*



- Perenne.
- Plantas ubicuas.
- Gran capacidad de crecimiento y remoción de contaminantes y nutrientes en exceso.
- Potencial alto de remoción de N y K.
- Alto potencial de crecimiento.
- Alta capacidad de producción de Oxígeno.
- Alta capacidad para capturar carbono.
- Alto valor ornamental
- Alto valor como forraje.

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Humedales construidos (#).
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de agua que puede tratar el humedal (m³). • Cantidad de contaminantes eliminados del agua (Unidades de medición de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT.). • Cantidad de aguas residuales que dejan de incorporarse a la red de drenaje (m³). • Disminución en el consumo de agua de la red municipal de agua potable (m³). • Ahorro económico (pesos/año)
Impacto cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción de las personas sobre el mejoramiento en su calidad de vida.



Referencias

- Delgadillo, o., Camacho, A., Pérez, L., Andrade M. 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Universidad de Barcelona y Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba Bolivia. 115p.
- Flörke, M., Kynast, E., Bärlund, I., Eisner, S., Wimmer, F., and Alcamo, J. (2013). Domestic and industrial water uses of the past 60 years as a mirror of socio-economic development: A global simulation study. *Global Environmental Change* 23, 144–156. doi: 10.1016/J.GLOENVCHA.2012.10.018.
- García-García, P. L., Ruelas-Monjardín, L., and Marín-Muñiz, J. L. (2016). Constructed wetlands: a solution to water quality issues in Mexico? *Water Policy* 18, 654–669. doi: 10.2166/WP.2015.172.
- Hernández, M. E., Galindo-Zetina, M., and Juan Carlos, H. H. (2018). Greenhouse gas emissions and pollutant removal in treatment wetlands with ornamental plants under subtropical conditions. *Ecological Engineering* 114, 88–95. doi: 10.1016/J.ECOLENG.2017.06.001.
- Marín-Muñiz, J. L. (2017). Humedales construidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales y reuso del agua. *Agroproductividad* 10, 90–95. Available at: <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1028> [Accessed August 1, 2022].
- Mitsch, W. J., and Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands*. 5th ed. John Wiley & Sons.
- Moreno-Casasola, P., and Barry, W. G. (2009). Breviario para describir, observar y manejar humedales., eds. P. Moreno-Casasola and W. G. Barry Xalapa, Ver. México: Serie Costa Sustentable no 1., Instituto de Ecología A.C., CONANP, US Fish and Wildlife Service, US State Department. Available at: http://www.inecol.edu.mx/inecol/libros/Breviario_Humedales.pdf [Accessed August 17, 2022].
- Tilley E., Ulrich L., Lüthi C., Reymond P., Schertenleib R., Zurbrugg C. (2014), *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*, 2nd Revised Edition, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Switzerland.

Sistema ecológico de saneamiento - Biojardinera



Son estructuras superficiales horizontales, las cuales sirven como unidades para el tratamiento de aguas residuales, principalmente las provenientes del lavado de manos y la cocina; brindando la posibilidad de reutilizar dicho líquido en otras actividades donde se demanda agua. El componente ecológico lo define la creación de pequeños humedales donde se colocan plantas muy particulares y propias de sitios inundables, aprovechando los microorganismos en el suelo que degradan la materia orgánica y de las plantas que necesitan nutrientes y agua para su desarrollo, funcionando como un pequeño ecosistema. Es una alternativa altamente factible para la reutilización y eficiencia en la demanda de agua ante la creciente escasez. Este sistema no considera la potabilización del agua.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 3 - Reforzar el uso y la ordenación sostenibles de los ecosistemas.

Duración

Es una alternativa altamente factible para la reutilización y eficiencia en la demanda de agua y con el debido mantenimiento puede ser de larga duración.

Lugar de implementación

Puede aplicarse en cualquier zona, ya sea rural o urbana, donde exista suficiente espacio para la instalación del sistema. Se recomienda se realice en todo lugar donde se pretende realizar un manejo más eficiente del recurso, en especial en sitios donde el agua es escasa o de difícil acceso.

Beneficiarios (~#)

Cualquier persona o grupo familiar o escolar que desee hacer un reaprovechamiento de las aguas residuales puede ser beneficiaria de esta medida.

Co-beneficios sociales y económicos

- Ahorro y eficiencia en el uso del agua.
- No contamina suelos o manto freático.
- El agua filtrada puede ser utilizada para riego y lavado.



Para más información
www.cityadapt.com



Amenazas atendidas



Cambios en patrones de lluvia

Principales impactos climáticos atendidos



Sequía

Con el reaprovechamiento del agua, es una alternativa eficiente ante la demanda de agua..



Menor disponibilidad de agua

Contribuye a garantizar la disponibilidad de agua para diferentes usos.



Fases de implementación

Fase 1. Evaluación del sitio y preparación

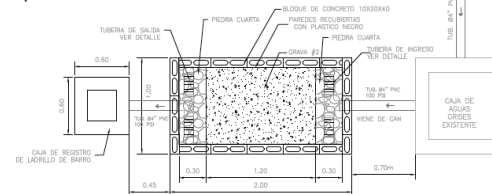
1 Selección del sitio

Se selecciona un sitio que cuente con las condiciones óptimas tales como espacio físico adecuado, así como se requiere conocer el tipo de suelo, su capacidad de infiltración y el nivel freático de la zona. No es recomendable la instalación en rellenos o en sitios con alto riesgo a inundaciones, o con posible paso de escorrentía.

2 Diseño

Se debe hacer un diseño que considere los siguientes componentes: trampa para grasas, filtro-jardinera o biofiltro y reservorio o tubería de drenaje. Para esto se calcula el volumen de las aguas residuales cuyo origen sean del lavado de manos y/o la cocina, para el tamaño de la filtro-jardinera y el canal de retorno.

Planos Arquitectónicos



Fase 2. Ejecución

3 Construcción de la obra

Es necesario que exista un desnivel de al menos 1% para que las aguas fluyan por gravedad.

4 Se debe tener cuidado con las tuberías e instalaciones eléctricas instaladas de forma subterránea para no interferir cuando se excave la biojardinera.

5

Se conectan las salidas de aguas provenientes de lavaderos, cocinas, fregaderos y lavamanos, hacia la trampa de grasa para que comience el proceso de separación de los materiales por deposición, flotación y circulación de acuerdo al contenido y carga de material.

La trampa de grasa tiene la función de retener las grasas y los sólidos, esta puede ser prefabricada o hecha en el sitio con material de mampostería o utilizarse recipientes plásticos (cubetas o barriles con tapa) adecuados y de tamaño específico para dicho propósito.

La canalización de las aguas se hace por medio de tubos de PVC y dependiendo del uso que se le dará al agua tratada, se deberán extender las conexiones para garantizar la deposición del agua en la trampa.



6 El biofiltro se rellena con grava para distribuir el agua uniformemente cuando esta entre y salga de la biojardinería. Se prepara una sección conformada por arena y tierra, en la cual se colocarán plantas que servirán de filtro biológico.

Finalmente se coloca un depósito donde será recolectada el agua tratada luego de haber pasado un tiempo de retención en el biofiltro.

4 Siembra de plantas

Se propone la siembra de plantas de pantano, pues estas se alimentan de nutrientes como nitrógeno y fósforo, contenidos en las aguas residuales, mientras la limpian. Se sugiere chufle, papiro, tule, platanillo, aloca, caña de India, lotería, maguey morado, curarina y plátano escarlata. Ver Guía de plantas para uso en biojardinerías (FUNDASAL, 2022).



5 Recolección del agua tratada

El agua tratada se recomienda para fortalecimiento de suelos directamente

o para riego y lavado. Esta agua no debe utilizarse para consumo humano. Para este propósito se necesitaría la instalación de un sistema de filtrado adicional con tecnología de depuración de patógenos y residuos de metales.

Fase 3. Mantenimiento

6 Limpieza

Requiere de inspecciones semanales en la trampa de grasas y cada tres meses en el biofiltro.

Para limpiar la trampa de grasas, se debe usar un colador que saque las grasas que se encuentran flotando y también los sólidos del fondo. Estos deben colocarse en el recipiente de residuos sólidos.

El biofiltro se puede obstruir con la acumulación de sólidos, por lo que se debe revisar para su limpieza o para el reemplazo con material nuevo.

7 Otras consideraciones

Es importante mantener las aguas fluyendo, puesto que su estancamiento por más de 12 horas o la falta de tratamiento podría generar malos olores o reproducción de vectores.

Se recomienda tener cuidado de no utilizar productos de limpieza con ingredientes nocivos para las plantas y el uso mínimo de cloro u otros químicos.

Costos e insumos¹

Descripción	Costo Total (US \$)
Materiales ²	900.00
Herramientas ³	60.00
Mano de obra	300.00
Compra y siembra de plantas	300.00
Total	1,560.00

1. Los costos se estiman para una biojardinería de 4 m de largo x 1 m de ancho x 0.85 de profundidad.

2. Bloques de concreto y ladrillos, cemento, arena, grava, piedra cuarta, tubería PVC, entre otros.

3. Cubetas, palas, piochas, carretilla.

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de agua filtrada (m³/año)
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> Actividades en las que se reutiliza el agua filtrada



Referencias

Buenfil, J. (2013). Biofiltro. La jardinera que filtra aguas grises para reciclarlas. Proyecto piloto TepozEco. Ciudad de México. México.

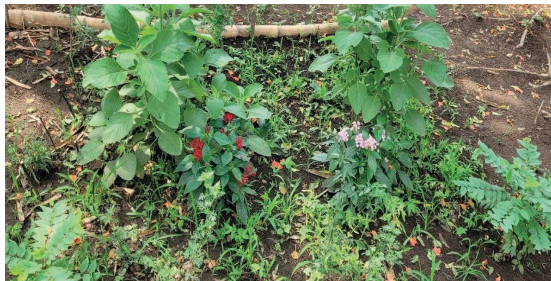
Cubillo M.F. y Gómez, W.A. (2017). Biojardineras como alternativas para el tratamiento de aguas residuales: experiencia en cinco biojardineras en las comunidades de Barra Honda y La Vigía de Nicoya, Revista Universidad en Diálogo, Vol. 7, No.1, enero-junio 2017.

Salazar, A. (2022) Guía de plantas para uso en biojardineras. Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL) ISBN 978-99983-978-0-4.

PNUMA (2018) Microfinanzas para la Adaptación basada en Ecosistemas: Opciones, costos y beneficios. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- Frankfurt School- UNEP Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy.

13. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Jardín de Lluvia



Un jardín de lluvia es un área natural o artificial poco profunda, diseñada para recolectar el agua de lluvia que corre sobre superficies impermeables, tales como el techo, aceras y otras; y que posteriormente esta agua se infiltra al subsuelo. Para optimizar sus funciones, debe incluir un suelo poroso y drenante, vegetación nativa y algunas plantas resistentes a altos niveles de humedad. Pueden absorber 30% mas de agua de lluvia que un área de césped del mismo tamaño. Los jardines de lluvia son comunes en parques, plazas y jardines privados, y son más efectivos con pequeñas tormentas.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 3 - Reforzar el uso y la ordenación sostenibles de los ecosistemas.

Duración

El establecimiento de los jardines de lluvia se recomienda sea en 2 fases: la primera para realizar la construcción y adecuación de la estructura que servirá para filtrar el agua de lluvia y la segunda para la siembra de plantas herbáceas o arbustivas a utilizar en la estructura, siendo esta fase más factible a inicios de la época de lluvias. La duración de los jardines dependerá de las especies plantadas y del mantenimiento que se le dé a la estructura en general.

Lugar de implementación

En lugares donde a partir de las pendientes (suaves de preferencia) el agua de escorrentía pueda ser interceptada; pudiendo realizarse en patios de viviendas, espacios en parques y plazas, y en algunos casos si el espacio también es suficiente también en las aceras a manera de arriates. No deben implementarse en suelos con facilidad de saturación y erosión (tierra blanca).

Beneficiarios (~#)

Se enfatiza en la escala colectiva, debido a que es una acción orientada a generar el disfrute de la población residente en la comunidad, tanto adultos, como jóvenes y la niñez.

Co-beneficios sociales y económicos

- Aumenta la calidad estética y ambiental del espacio público.
- Mejora la conectividad del espacio urbano, integrando espacios diversos.
- Promoción de la educación ambiental.
- Incremento del valor de la propiedad.



Para más información
www.cityadapt.com



Amenazas atendidas



Temperatura
extrema



Lluvias
intensas

Principales impactos climáticos atendidos



Inundaciones

Contribuye a la infiltración de agua a través del sistema radicular de las plantas.



Deslizamientos

Al reducir la escorrentía superficial, pueden evitar deslizamientos.



Erosión

Reduce la probabilidad de erosión en el suelo.

Fases de implementación

Fase 1. Evaluación del sitio y diseño

1 Selección del área

Analizar en el espacio a implementar hacia dónde van las diferentes aguas de las superficies impermeables. Considerar el tipo de suelo y sus cualidades, si drena bien o no, mediante una prueba sencilla de drenaje. Estos jardines trabajan mejor con pequeñas áreas de drenaje, que facilitan una mejor distribución del flujo de agua de lluvia sobre la cama del filtro. Muy importante no colocarlo a menos de 3 m de la casa, pues se pueden dañar los cimientos, ni a 10 m de fosa séptica por contaminación del agua ni tampoco cerca del borde de pendientes pronunciadas.

2 Coordinación y permisos

Se realizan las coordinaciones con representantes de las diferentes comunidades, para llevar a cabo las visitas de reconocimiento y evaluación. Es importante saber que por ser un espacio público debe tener un permiso de la autoridad competente. .

3 Diseño

El área de superficie de un jardín de lluvia debería ser aproximadamente del 3% al 6% del área de drenaje vinculada. La profundidad del estancamiento depende de la cantidad de agua de lluvia a ser tratada, que debe ser calculada.

4 Selección de especies

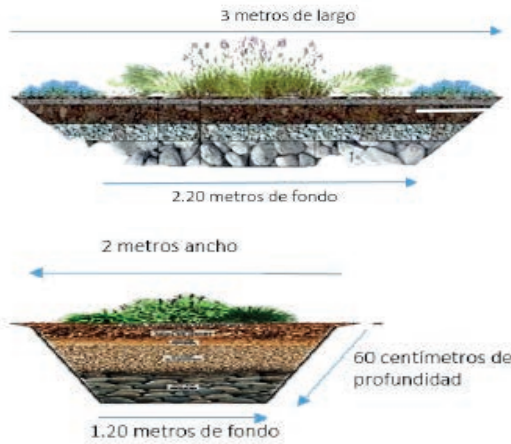
Se utilizan plantas nativas que se caracterizan por su adaptabilidad frente a condiciones de poca luz o de mucha luz, dependiendo del sitio. Deben ser resistentes a altos niveles de hum Se proponen las siguientes plantas nativas (nombre común):

- Casandra
- San José enano
- Menta
- Penta/lluvia de flores
- Maguey morado
- Coleos - variados
- Duranta limón y morada
- Lilas
- Santa Marta
- Cola de caballo
- Sansevierias
- Croto
- Chulas/mulatas
- Flor de las once
- Camarón amarillo
- Verbena

Fase 2. Ejecución

5 Adquisición de las plantas

Se adquieren las plantas o se producen en vivero, procurando seleccionar las más vigorosas.



6 Adecuación del sitio

Se prepara el terreno, principalmente, para adecuar el espacio para la plantación y siembra de plantas, así como desarrollar obras de excavación y de drenaje, que mejoren la infiltración. Se coloca un lecho de rocas y una capa de suelo mejorado con arena extra fina, tierra vegetal y compost. El lugar deberá tener una pendiente entre el 2% y el 12%.

7 Siembra de plantas

Se acomodan las plantas dentro del jardín y en los alrededores. Se pueden seleccionar herbáceas y arbustos nativos.



Fase 3. Mantenimiento

8 Riego y limpieza de maleza

Las plantas necesitan riego frecuente durante la temporada seca en los primeros dos años de vida. Luego de dos años no hará falta regar si las plantas se han asentado correctamente. Por las características proias de este tipo de medida, se debe realizar un control manual de las malezas que crecen de forma espontánea en el jardín, pudiendo arrancarse con la mano.

Costos e insumos¹

Descripción	Costo Total (US \$)
Hormigón	10.00
Grava	45.00
Herramientas ²	170.00
Tierra preparada	10.00
Plantas ornamentales	100.00
Mano de obra	150.00
Piedra cuarta	17.80
Arena	20
Total	522.80

1. Los costos se estiman para 8 metros cuadrados y 40 cm de profundidad.

2. Herramientas menores para ahoyado y movimiento de tierra.

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Metros cuadrados implementados (número)
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad de plantas por unidad de área • Temperatura ambiente. • Volumen potencial de infiltración.



Referencias

COAMSS-OPAMSS (2019). Guía técnica para el diseño de SUDS en el AMSS.

Hinman, C. (2013) Rain Garden Handbook for Western Washington. A guide for design, maintenance, and installation. Washington State University.

MINAE-SINAC-GIZ (2021) Guía y catálogo de Soluciones basadas en la Naturaleza.

UrbanGreenUp (2018). NBS catalogue. European Commission

14. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Jardines infiltrantes



Los jardines infiltrantes consisten en una depresión (natural o artificial) que recolecta el agua superficial que fluye de los techos, carreteras, aceras y otras superficies urbanas impermeables o semipermeables después de eventos torrenciales de lluvia. Esta depresión, y las capas debajo de la superficie, permiten una evacuación parcial o total del agua en un sistema de drenaje subterráneo.

Duración

La construcción típica de un jardín infiltrante urbano tiene una duración de entre tres a cinco meses; su vida útil depende del mantenimiento que se le brinde a la obra por parte de las administraciones locales, pero se estima en más de 20 años.



Lugar de implementación

Esta solución basada en naturaleza que integra la infraestructura verde y gris puede ser implementada en vías primarias y secundarias, jardines existentes, depresiones y en general en cualquier espacio que tenga potencial natural para infiltrar o acumular agua.



Beneficiarios

La población que hace uso de los espacios urbanos se verá beneficiada. Se estima que en una vía primaria tipo en las ciudades latinoamericanas pueden transitar cada hora entre 30 bicicletas, entre 700 y 800 vehículos, 50 autobuses y 120 motocicletas¹. Si se conceptualiza a los beneficiarios como aquellos usuarios de la vía que se trasladan sin peligro de inundación o encharcamientos, se estima que por cada hora serían beneficiadas 2,200 personas. Desde la perspectiva de los ecosistemas el agua infiltrada podría proporcionar más humedad a árboles y plantas, ayudar a evitar el fenómeno de islas de calor y favorecer el movimiento de la fauna y la polinización de las plantas al crear corredores ecológicos vinculados a parques y áreas protegidas.

Co-beneficios sociales y económicos

- Instalación sencilla y con una inversión económica relativamente baja.
- Ahorros para la municipalidad en el control de encharcamientos e inundaciones.
- Proporciona espacios de esparcimiento y con belleza escénica.
- Favorece el comercio local.
- Incrementa la plusvalía de las viviendas alrededor.
- Ayuda en la recuperación del espacio público verde y aumenta la percepción de seguridad



Más información en
www.cityadapt.com

1. <https://veracruz.quadratin.com.mx/avenida-ruiz-cortines-el-mejor-lugar-para-instalar-ciclovia-en-xalapa/>

Principales impactos climáticos atendidos



- Pueden retener y enviar al subsuelo los torrentes de agua que inundan las calles, para que mediante un proceso natural se recargue el acuífero.



- Permiten reconocer a las calles como un ecosistema, con sus jardines y árboles, y puede ser una infraestructura ideal para retener y absorber el agua en época de lluvia.



- Se pueden implementar en camellones, banquetas, incluso en estacionamientos con el propósito de que se incremente la capacidad permeable de la ciudad.



- Ayudan a recuperar hábitats, favoreciendo la presencia de abejas, otros insectos y pájaros, con todos los beneficios que trae un área verde: seguridad vial, paisaje, retención de agua y mitigación de inundaciones, incluso captura de carbono (Serrano, 2021).²



- Reducen el flujo de agua que se requiere evacuar por medio de drenajes, lo que se traduce en menos inundaciones.



- Mitigar la erosión por lluvias intensas.



Amenazas atendidas



Inundación



Lluvias intensas



Cambios en patrones de lluvias



Erosión

Integración con acuerdos internacionales



SENDAI Prioridad 4: Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y “reconstruir mejor” en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

Costos e insumos

Costo promedio por metro cuadrado de Jardín infiltrante que incluye:

Diseño, estudios preliminares, materiales de relleno, sustratos, plantas y mano de obra y señalética.

USD \$200.

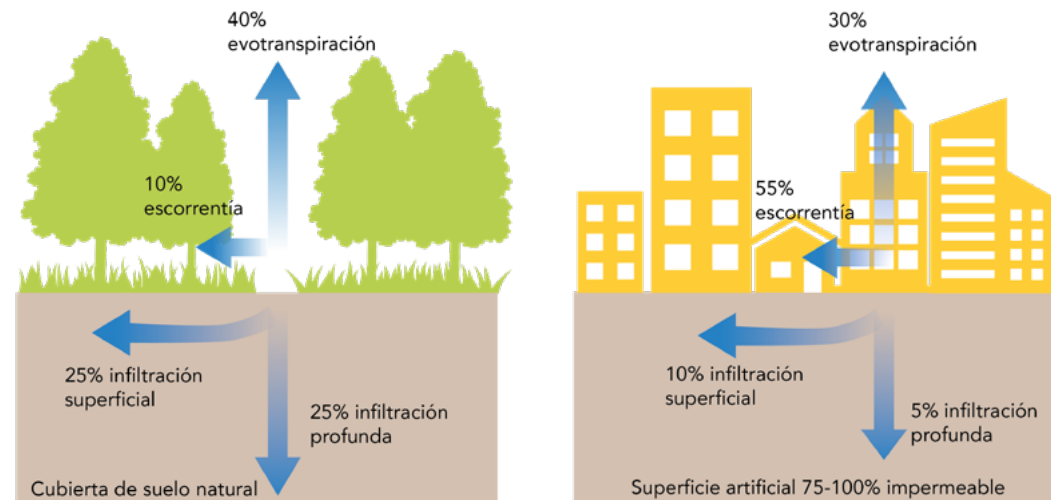


Figura 1. Diferencia entre infiltración en un terreno natural y uno urbano³.

2. Serrano, Sebastián (2021). Cada calle, un jardín.2018. Recuperado en: <https://www.revistacambio.com.mx/nacion/cada-calle-un-jardin/>

3 Modificado de Rain garden -el drenaje sostenible. ¿Qué es un jardín de lluvia? <https://aodpaisajes.com/2019/12/14/%f0%9f%8c%a7-rain-garden-%e2%98%98-el-drenaje-sostenible-que-es-un-jardin-de-lluvia-%f0%9f%a4%94/>

Fases de implementación

El diseño del jardín dependerá de las condiciones del sitio, del tipo de suelo y la infraestructura existente. Es importante colocar los elementos que ayuden a que el agua sea absorbida. De acuerdo con Serrano (2021), el suelo en las ciudades tiene diferentes capas ya compactadas debido al proceso de urbanización, a las cuales hay que regresarles su capacidad de absorción. Para esto, se deben retirar las primeras capas de tierra y sustituirlas por materiales que permitan el paso del agua.

Las plantas son una parte integral del diseño: deben ser resistentes y a la vez tener la capacidad de absorber y filtrar el agua, así que es esencial seleccionar la paleta vegetal adecuada. Cuando llueve, el agua que va por la calle entra en el jardín infiltrante, y pasa por un sistema de celdas que inicia con una trampa metálica para sedimentos; la basura se queda atorada desde los primeros filtros.

En caso de que el suelo ya esté saturado porque ha recibido demasiada agua, el sistema cuenta con una coladera que evita que ingresen basura, hojas o ramas al sistema. Luego recibe el agua y la descarga hacia un vertedor de demasias.



Fases para su implementación

1 Estudios de campo

Se requieren estudios de grado de infiltración del suelo, análisis hidrológico de la zona, y consulta con autoridades locales para verificar que tipo de infraestructura subterránea hay en el sitio, en caso de no contar con información fidedigna se deberá realizar un estudio con georadar.

2 Diseño

En esta fase se requiere una evaluación del arbolado urbano existente, y una propuesta arquitectónica y de paleta vegetal de acuerdo con la ecoregión y las condiciones climáticas actuales y futuras, se sugiere utilizar la metodología de diseño Miyawaki o bosques de bolsillo para incrementar la biodiversidad y la infiltración acelerada a los mantos acuíferos.

3 Construcción

En esta etapa se realizan las obras necesarias (excavaciones, galerías filtrantes, capas que sirven como filtro (arenas, gravas, etc) y colocación de sustrato vegetal enriquecido que recibirá las plantas.

4 Siembra y mantenimiento

Se sembrarán las plantas seleccionadas siguiendo el patrón de diseño y dadas las condiciones de la ecoregión, se requerirá riego los primeros 3 meses y después el mantenimiento únicamente consiste en poda y limpieza y sustitución de algunos especímenes que no prendan.

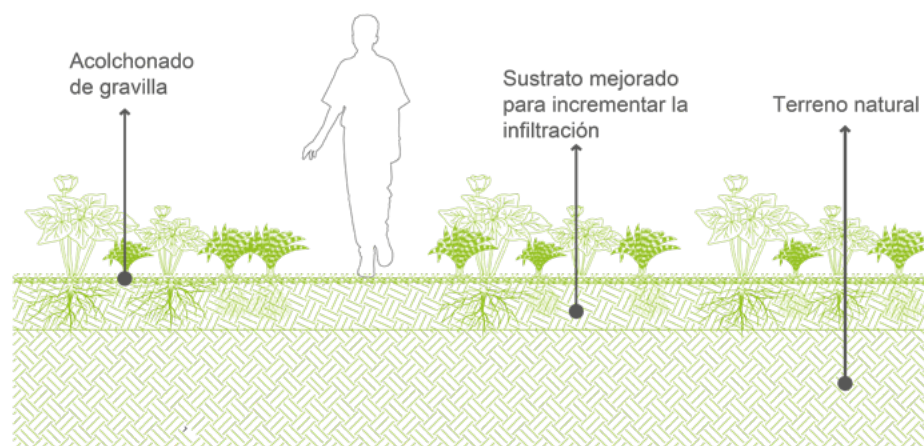
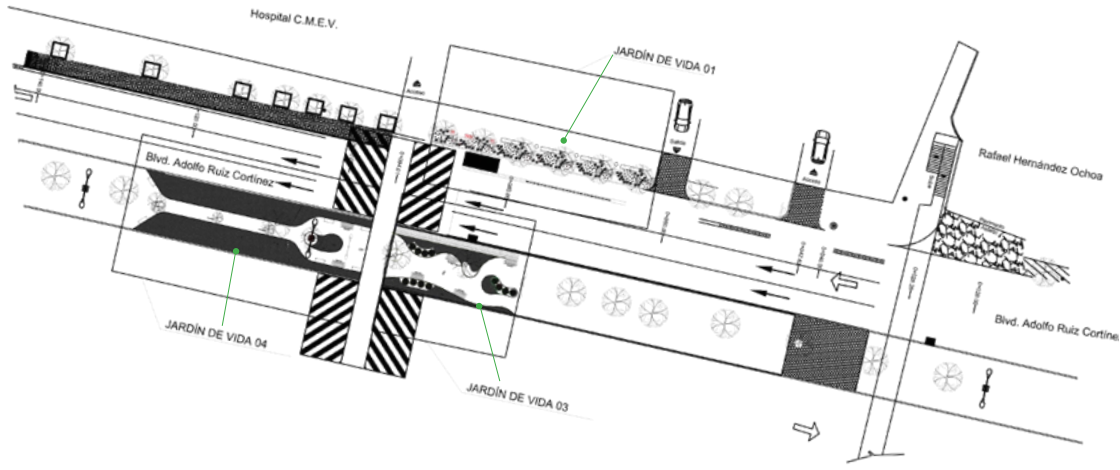


Figura 2. Diseño de un jardín infiltrante.



Mapa 1. Ejemplo de implementación de *Jardines de vida* (jardines infiltrantes) en una vía primaria de la ciudad de Xalapa.

Indicadores

Implementación	Metros cuadrados de Jardines implementados (m ²).
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Volúmen de agua de lluvia infiltrada (m³). • Potencial de captación del jardín infiltrante (m³). • Superficie que puede ayudar a evitar que se inunde (m²). • Número y tipo de especies de fauna que se benefician con la presencia de la diversidad de especies vegetales en los jardines de infiltración por metro cuadrado (Número y tipo). • Número y tipo de especies vegetales en los jardines infiltrantes por métro cuadrado (número y tipo).
Impacto cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción de mejoría en las condiciones de vida de las personas que utilizan los jardines para descansar. • Percepción en la disminución de encharcamientos en la zona con jardines infiltrantes (número de personas).

Referencias

- Rain garden -el drenaje sostenible. ¿Qué es un jardín de lluvia? <https://aodpaisajes.com/2019/12/14/%f0%9f%8c%a7-rain-garden-%e2%98%98-el-drenaje-sostenible-que-es-un-jardin-de-lluvia-%f0%9f%a4%94/>
- Diseño de un jardín de lluvia: la guía técnica. Recuperado de <https://biblus.accasoftware.com/es/disenio-de-un-jardin-de-lluvia/>

www.cityadapt.com

15. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Naturalización de aceras



Las aceras son elementos de la ciudad destinados a permitir el paso peatonal seguro. Son estructuras continuas con las limitantes del espacio aéreo, que presentan en algunas ocasiones conflictos e interferencias y es, potencialmente, el lugar ideal para la aplicación de la jardinería de bajo mantenimiento. Con un diseño más sofisticado y si el tipo de suelo lo permite, se debe facilitar que el agua de escorrentía fluya de manera lenta por la interacción con las plantas, pueda infiltrarse en el subsuelo, o bien ser captada a través de lechos de grava.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 3 - Reforzar el uso y la ordenación sostenibles de los ecosistemas.

Duración

Puede hacerse a lo largo de todo el año, no obstante, si la idea es, establecer especies vegetales nativas y que tengan un buen desarrollo, lo ideal es realizar este proceso durante la época de lluvias, preferentemente a inicio de esta, con la finalidad que las plantas se adapten y desarrollen mejor, para así, resistir los primeros meses de la época seca. Muy determinante será el mantenimiento que se les dé para garantizar la permanencia de las acciones.

Lugar de implementación

Esta naturalización se desarrolla en las aceras, esos espacios lineales públicos restringidos para el paso de peatones y de preferencia en aquellos sitios que contribuyan a la captura de agua de lluvia y a la reducción de escorrentía.



Beneficiarios (~#)

Se enfatiza en la escala colectiva, debido a que es una acción orientada a generar el disfrute de la población residente en la comunidad, tanto adultos, como jóvenes y la niñez.

Co-beneficios sociales y económicos

- Naturaliza el espacio verde urbano.
- Mejora la calidad estética y ambiental del espacio público.
- Aumenta la superficie de sombra y de infiltración.
- Reduce los costos de gestión y mantenimiento de los espacios públicos.
- Aumenta la conectividad entre los espacios verdes.
- Incremento del valor de la propiedad.



Para más información
www.cityadapt.com



Amenazas atendidas



Cambios en patrones de lluvia



Lluvias intensas



Temperatura extrema

Principales impactos climáticos atendidos



Inundaciones

Contribuye a la infiltración de agua a través del sistema radicular de las plantas y árboles.



Incremento de temperaturas

La siembra de árboles colocados en posición que brinda sombra a las viviendas, permitirá en el mediano plazo la regulación de temperatura, modificando el microclima del sitio.

Fases de implementación

Fase 1. Evaluación del sitio y diseño

1 Selección del área o espacio a arborizar

El sitio es determinante para saber qué especies son adecuadas para el lugar. Tanto el área disponible, como el tipo de suelo y las características de infraestructura cercana y señalización son importantes.

2 Coordinación y permisos

Se realizan las coordinaciones con representantes de las diferentes comunidades, para llevar a cabo las visitas de reconocimiento y evaluación. Es importante saber que por ser un espacio público debe tener un permiso de la autoridad competente.

3 Diseño

Se evalúan las condiciones del terreno para identificar la disponibilidad de espacio físico y la posibilidad de desarrollo de plantas en los espacios convenidos. Se tiene especial consideración el nivel de uso para que se den los servicios ecosistémicos. Una distancia adecuada beneficia a la estructura del árbol y reduce las podas reiteradas.

4 Selección de especies

Se identifica qué tipo de plantas pueden sembrarse según el espacio, las condiciones de sol y sombra y disponibilidad de agua en el lugar. Se genera un listado de especies a

utilizar. Las especies deben cumplir algunos criterios ecológicos necesarios para resistir las condiciones climáticas en el medio, esto con la finalidad de asegurar su sobrevivencia y que a la vez puedan generar los servicios ambientales esperados. Se proponen las siguientes plantas nativas (nombre común):

- Anturio corazón
- Chichipince
- Cabello de ángel
- Flor barbona
- Icaco
- Malvaviscos
- Pacaya
- Caimito
- Durantas
- Sansevieras
- Crotos
- Ixora
- Jazmín del cabo
- Guayacán
- Aceituno

Estas son plantas entre arbustos y arboles que crecen a una altura adecuada en espacios pequeños.

Fase 2. Ejecución

5 Adquisición de las plantas

Se adquieren las plantas o se producen en vivero, procurando seleccionar las más vigorosas.



6 Adecuación del sitio

Se prepara el terreno, principalmente, para adecuar el espacio para la plantación y siembra de plantas, así como desarrollar obras de drenaje, que mejoren la infiltración, o alguna otra obra de excavación, según la finalidad acordada para el espacio, si es requerido.

Plantación de árboles

El sitio donde serán plantados los árboles, se prepara haciendo limpieza del lugar y posteriormente haciendo el ahoyado de 40 cm de diámetro y 45 cm de profundidad, con una distancia de 5 m entre las plantas, marcando los sitios con ayuda de estacas de madera, que sirven de protección a su vez.

7

Fase 3. Mantenimiento

8 Fertilización

Generalmente se deben aplicar 2 kg de compost al plantar y luego, cada cuatro meses.

9 Riego

Se requiere riego permanente durante la época seca.

10

Poda

Mientras el árbol crece puede las ramas que están muy cerca o rozándose entre ellas. Esto permite que el aire y la luz circulen por el árbol, reduciendo plagas y promoviendo fructificación en esta.

Costos e insumos¹

Descripción	Costo Total (US \$)
Plantas, arbustos	630.00
Materiales ²	375.00
Herramientas ³	170.00
Mano de obra	350.00
Total	1,525.00

1 Los costos se estiman para 800 metros lineales

2. Grava, arena, tierra negra, compost.

3. Herramientas menores para ahoyado y movimiento de tierra.

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Metros cuadrados implementados (número)
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad de plantas por unidad de área • Temperatura ambiente. • Volumen potencial de infiltración.



Referencias

Centro de Estudios Ambientales (2014). La infraestructura verde urbana de Vitoria-Gasteiz. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

COAMSS-OPAMSS (2020). Catálogo para la selección de especies arbóreas y vegetativas.

MADES/PNUD/FMAM. 2019. Guía de arborización urbana para el Área Metropolitana de Asunción. Proyecto "Asunción Ciudad Verde de las Américas - Vías a la Sustentabilidad. Asunción, Paraguay.

<https://portal.cybertaxonomy.org/salvador/listado>

16. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Naturalización de rotondas



Se refiere a la plantación de árboles nativos en combinación con estructuras amigables con el entorno y combinadas con plantas ornamentales y enredaderas, con aplicación de sistemas de jardinería de bajo mantenimiento que reducen los costos de gestión, que sirven como refugios de fauna. Podrían constituirse como un parque urbano en el que se combinen zonas de infiltración y plantas con flores, que rompen la monotonía espacial, aportan naturalidad y mejoran la conectividad ecológica. Cualquier naturalización debe garantizar una visibilidad mínima del 40% para los vehículos que ingresen a la rotonda.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 3 - Reforzar el uso y la ordenación sostenibles de los ecosistemas.

Duración

Puede hacerse a lo largo de todo el año, no obstante, si la idea es, establecer especies vegetales nativas y que tengan un buen desarrollo, lo ideal es realizar este proceso durante la época de lluvias, preferentemente a inicio de esta, con la finalidad que las plantas se adapten y desarrollen mejor, para así, resistir los primeros meses de la época seca. Muy determinante será el mantenimiento que se les dé para garantizar la permanencia de las acciones.

Lugar de implementación

La naturalización de espacios públicos puede realizarse en diferentes sitios dentro de la ciudad, pero en este caso las acciones se dirigen a las rotondas en vías de acceso comunitario o carreteras, con la intención de mejorar la calidad paisajística y asegurar la prestación de servicios ecosistémicos a partir de las adecuaciones y diseños de las estructuras verdes planteadas.

Beneficiarios (~#)

Se enfatiza en la escala colectiva, debido a que es una acción orientada a generar el disfrute de la población residente en la comunidad, tanto adultos, como jóvenes y la niñez.

Co-beneficios sociales y económicos

- Naturaliza el espacio verde urbano.
- Mejora la calidad estética y ambiental del espacio público.
- Aumenta la superficie de sombra.
- Reduce los costos de gestión y mantenimiento de los espacios públicos.
- Aumenta la conectividad entre los espacios verdes.
- Incremento del valor de la propiedad.



Para más información
www.cityadapt.com



Amenazas atendidas



Cambios en patrones de lluvia



Lluvias intensas



Temperatura extrema

Principales impactos climáticos atendidos



Inundaciones

Contribuye a la infiltración de agua a través del sistema radicular de las plantas y árboles.



Erosión

Mitiga el efecto de erosión a través del sistema radicular que forman un entramado subterráneo, evitando que se desprendan elementos, además mantiene unidos los elementos del suelo y absorben el exceso de agua que lava el suelo.

Fases de implementación

Fase 1. Evaluación del sitio y diseño

1 Elección de un lugar

Se debe realizar una búsqueda de información secundaria que proporcione una línea base de la situación actual de la zona a intervenir, con el objetivo de identificar antecedentes de acciones previamente realizadas en el lugar y conocer los actores locales para articular las intervenciones a nivel comunitario, municipal o gubernamental.

2 Coordinación y permisos

Se realizan las coordinaciones con representantes de las diferentes comunidades, para llevar a cabo las visitas de reconocimiento y evaluación. Es importante saber que por ser un espacio público debe tener un permiso de la autoridad competente.

3 Diseño

Se evalúan las condiciones del terreno para identificar las disponibilidad de espacio físico y la posibilidad de desarrollo de plantas en los espacios convenidos. Se tiene especial consideración el nivel de uso para que se den los servicios ecosistémicos.

Así por ejemplo, si la finalidad es aumentar la filtración de aire y la regulación climática para contrarrestar el efecto de isla de

4

calor, se sugiere la plantación de árboles grandes nativos; si el objetivo es favorecer la polinización y el refugio de especies, se prioriza arbustos y plantas de todas las medidas y si el objetivo es regular la escorrentía, se establece un sistema de infiltración en el sitio.

Selección de especies

Se identifica qué tipo de plantas pueden sembrarse según el espacio, las condiciones de sol y sombra y disponibilidad de agua en el lugar.

Se genera un listado de especies a utilizar. Las especies deben cumplir algunos criterios ecológicos necesarios para resistir las condiciones climáticas en el medio, esto con la finalidad de asegurar su sobrevivencia y que a la vez puedan generar los servicios ambientales esperados. Se proponen las siguientes plantas (Nombre común):

- Falsa uva
- Casandra
- San José enano
- Menta
- Penta/lluvia de flores
- Maguey morado
- Coleos variados
- Duranta limón
- Lilas
- Flor de las once
- Duranta morada
- Rodeo
- Santa Marta
- Cola de caballo
- Rocío
- Listones
- Grama china
- Sansevieras



Fase 2. Ejecución

5 Adquisición de las plantas

Se adquieren las plantas o se producen en vivero, procurando seleccionar las más vigorosas.

6 Adecuación del sitio

El trazo de la línea madre se hace ubicándose en la parte más alta del terreno proyectando una línea imaginaria hacia abajo, colocando estacas a la distancia entre obras recomendada (según la tabla anterior), de acuerdo a la pendiente del terreno.

7 Plantación de arbustos y enredaderas

Con ayuda de estacas, cavar un surco superficial para marcar bien cada curva.

Fase 3. Mantenimiento

8 Fertilización y riego

Generalmente se deben aplicar 2 kg de compost al plantar y luego, cada cuatro meses. Se requiere riego permanente durante la época seca.

Costos e insumos¹

Descripción	Costo Total (US \$)
Plantas, arbustos, rastreras	630.00
Materiales ²	375.00
Herramientas ³	170.00
Mano de obra ⁴	350.00
Total	1,525.00

1. Los costos se estiman para 25 metros cuadrados
2. Grava, arena, tierra negra, compost.
3. Herramientas menores para ahoyado y movimiento de tierra.
4. Mano de obra para la plantación.



Referencias

Centro de Estudios Ambientales (2014). La infraestructura verde urbana de Vitoria-Gasteiz. Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

Ihobe (2017). Manual para el diseño de jardines y zonas verdes sostenibles. Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Gobierno Vasco.

Ortiz, D. (2017). La importancia de las zonas verdes olvidadas de las ciudades: servicios ecosistémicos de las rotondas. Universitat de Barcelona.

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Metros cuadrados implementados (número)
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad de plantas por unidad de área • Temperatura ambiente. • Volumen potencial de infiltración.

Medios de vida resilientes: Huertos urbanos



De acuerdo con la UNICEF (2019), “los impactos del cambio climático sobre los recursos naturales y los habitantes de las ciudades y zonas periurbanas amenazan con afectar el desarrollo humano en todo el planeta. En particular los países en desarrollo, donde los medios de vida a menudo dependen de los recursos naturales -como el agua y la tierra- serán los que sufran mayores afectaciones por el cambio climático”.

Por esta razón, incorporar las Soluciones basadas en Naturaleza (SbN) junto con otras acciones de adaptación ante los efectos adversos del cambio climático es una herramienta transformadora que puede ser la base para la construcción de un futuro compatible con el clima, bajo en emisiones y resiliente a los cambios climáticos en las

ciudades, que además favorece la posibilidad de disminuir la vulnerabilidad socioambiental y la degradación del medio ambiente que ya están experimentando las ciudades y comunidades.

Una medida que ha demostrado favorecer este nuevo enfoque son los huertos urbanos, que constituyen una herramienta que permite poner en práctica numerosas competencias y disciplinas, al suscitar la curiosidad de los ciudadanos y promover su interés por aprender conceptos, habilidades, actitudes y valores a través de actividades enfocadas a que conozcan la naturaleza, trabajen en equipo, y analicen las posibles adaptaciones que requiere el huerto para enfrentar el impacto en las plantas por los cambios de temperatura y precipitación. Al mismo tiempo, la vinculación de los ciudadanos en las actividades del huerto permite concientizar sobre el cambio climático y la nutrición saludable (Vicens Vives Blog, 2018).

“La existencia de los huertos urbanos obedece a diversas razones. Algunas que están adquiriendo importancia en todo el mundo son la promoción de una buena alimentación, la educación nutricional y el fomento de técnicas de subsistencia, junto con la posibilidad de ampliar de diversas maneras este aprendizaje más allá de la propia escuela. Es posible que este enfoque principalmente educativo pueda contribuir a largo plazo a la salud y la seguridad alimentaria nacional” (FAO, 2010).

Co-beneficios sociales y económicos

- Mejoran la dieta y son una fuente de alimentación sana, variada y natural.
- Favorecen el desarrollo socioeconómico a nivel familiar.
- Fomentan la participación de las familias y promueven la inclusión social cuando se desarrollan en espacios comunitarios.
- Promueven una conciencia de cuidado y respeto por el medio ambiente.
- Proporcionan un lugar para adquirir conocimientos relacionados con la naturaleza, la agricultura y la nutrición y para investigar el impacto del cambio climático en el desarrollo de las plantas.
- Ayudan a enfrentar problemas relacionados con la obesidad y desnutrición infantil.
- Son un instrumento de supervivencia o apoyo a la economía familiar para épocas de escasez de alimentos o dificultades económicas.
- Representan un espacio para el disfrute y el esparcimiento dentro de la escuela o en las comunidades.



Relación con ODS y SENDAI



La creación de huertos urbanos puede jugar un papel significativo en la lucha contra dos de los problemas que amenazan a la sociedad actual: la inseguridad alimentaria y los efectos del cambio climático.

Prioridad 2: Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo

Prioridad 4: Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y “reconstruir mejor” en los ámbitos de recuperación, rehabilitación y reconstrucción.

Amenazas atendidas



Sequías



Pérdida de productividad



Erosión



Cambio en patrones de precipitación



Inundación

Duración

La implementación de un huerto urbano puede tomar entre 3 y 6 meses, mientras que su permanencia depende del grado de apropiación, si resulta exitoso pueden permanecer por años, además de que pueden irse mejorando en el tiempo.

Los huertos urbanos como todas las medidas de adaptación al cambio climático requieren enmarcarse dentro de estrategias más grandes que reciban apoyo de políticas públicas que faciliten su implementación y sostenibilidad en el largo plazo.



Lugar de implementación

Los huertos urbanos se pueden implementar en terrenos baldíos, espacios verdes urbanos y periurbanos de las ciudades y escuelas, pero deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos mínimos: contar con el espacio suficiente, condiciones necesarias de accesibilidad, asoleamiento y agua disponibles para facilitar un mantenimiento constante. En el caso de los huertos escolares, se debe garantizar que en periodos vacacionales el huerto no se abandone.



Beneficiarios

Con la implementación de huertos urbanos, una gran cantidad de personas pueden beneficiarse. Datos de la ciudad de Xalapa en México indican que, por cada unidad de producción urbana (huerto) se pueden beneficiar a 20 familias (74 personas).

Co-beneficios sociales y económicos

- Potencian el trabajo colaborativo y al compartir tareas como plantar, regar, limpiar malas hierbas, etc., que pueden irse rotando.
- Refuerzan el conocimiento de materias básicas como la lectura, la escritura, la biología o las matemáticas.
- Fomentan la recuperación de espacios públicos mediante una estrategia de aprovechamiento del espacio y de los recursos naturales, combinando conocimientos teóricos, prácticos y técnicas de subsistencia.
- Por medio de la recuperación de espacios públicos puede fortalecerse la conectividad de espacios verdes urbanos, ofrecer espacios de percha, polinización, en especial en espacios próximos a áreas naturales protegidas.
- Pueden ofrecer diversos servicios ecosistémicos como: regulación del microclima local, aumento en la evapotranspiración, belleza escénica, infiltración de agua de lluvia, entre otros.

Principales impactos climáticos atendidos



Disponibilidad de agua

- Apoya en la infiltración del agua de lluvia hacia mantos acuíferos.



Erosión

- Cuando se implementa en zonas con potencial natural para la erosión puede ayudar a mitigarla, cuando se acompaña con técnicas para retención del suelo como siembra en curvas de nivel o barreras vivas para conservar el suelo (Ramírez Soto, et. al, 2022).



Daño y pérdida de cultivos

- Las mejores prácticas de horticultura urbana apoyan el manejo sostenible de las zonas urbanas y periurbanas, además pueden apoyar a que no se detonen cambios de uso de suelo al ofrecer alternativas de medios de vida.

Fases de implementación

Etapa 1. Materiales

Un huerto urbano es un terreno que puede variar en superficie, en el que los habitantes de las ciudades cultivan y recolectan hortalizas, verduras, frutas y plantas aromáticas. En algunos casos, si no se dispone de un terreno específico se pueden utilizar macetas o cajas.

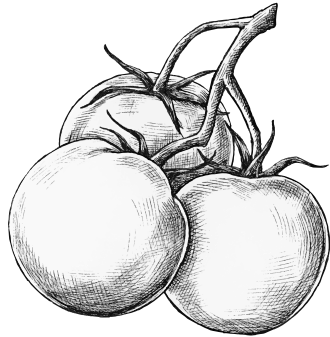
Para crear un huerto urbano se necesita:

- Un espacio adecuado con una superficie aproximada del orden de 80m² o recipientes en los que plantar.
- Creación de capacidades sobre abonos orgánicos, composta, guía de rotación de cultivos y siembra según la época del año.
- Herramientas para sembrar y recolectar (palas, tijeras, guantes, regaderas, mangueras, rastrillos etc.).
- Semillas de frutas, hortalizas y verduras.

Etapa 2. Creación del huerto (Educo, 2011)

- 1 Limpiar el terreno para eliminar las piedras y la maleza que hay en la tierra para que se pueda cultivar.
- 2 Labrar el terreno. Es importante alcanzar unos 20 centímetros de profundidad en la tierra y removerla para que se airee.
- 3 Fertilizar. Se puede utilizar abono natural hecho con otras plantas o desechos naturales.
- 4 Sembrar las semillas. Se deberán elegir aquellas semillas que mejor se adapten a cada época del año y a cada terreno. Es importante que exista un espacio entre las semillas para que las plantas puedan crecer bien.

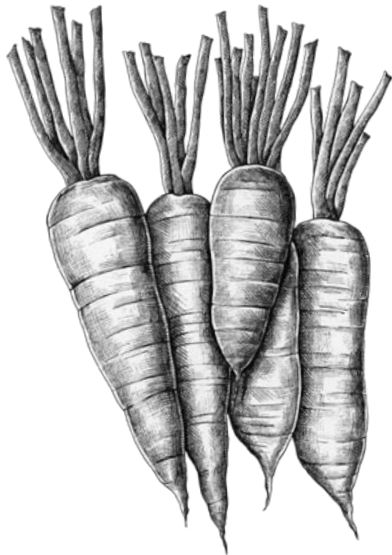




5 Regar. Lo adecuado es regar por la tarde o por la noche para evitar que el agua se evapore. En el caso en que se riegue por la mañana, se deberá hacer antes de que salga el sol.

6 Proteger. Es importante proteger el huerto para evitar que alguna persona lo pise o entren animales. Se puede crear una valla utilizando palos de madera.

7 Esperar a que crezca lo que se plantó y una vez que crezca, se pueden consumir las frutas y verduras que se obtengan en el comedor de la escuela o se pueden integrar a un mercado orgánico para su venta.



Costos e insumos

Con una inversión de USD \$3,850 se puede implementar un huerto urbano de por lo menos 50 m², obtener capacitación y un kit de inicio con algunas herramientas y semillas que permitan su operación durante los primeros seis meses de funcionamiento, considerando la cooperación con trabajo por parte de los beneficiarios.

Referencias

- Burgess, A., Maina, G., Harris, P. & Harris S. 1998. How to grow a balanced diet: a handbook for community workers. Londres, VSO Books
- Educo 2021. ¿Por qué son importantes los huertos escolares? Disponible en: <https://www.educo.org/blog/Por-que-son-importantes-los-huertos-escolares#>
- FAO, 2000. Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares: Manual de capacitación para trabajadores de campo en América Latina y El Caribe. Roma. Se puede consultar en www.fao.org/DOCREP/v5290s/v5290s00.HTM FAO. 2005.
- FAO, 2000. Crear y manejar un huerto escolar: Un manual para profesores, padres y comunidades. Roma. Disponible en www.fao.org/docrep/009/a0218e/A0218E00.htm FAO. 2010.
- FAO, 2010. Nueva política de huertos escolares.
- Grant, T. & Littlejohn, G. 2001. Greening school grounds: creating habitats for learning. Toronto, Green teacher. • Reports and projects on improving the school environment.
- Guy, L., Cromell, C., & Bradley, L.K. 1996. Success with school gardens: how to create a learning oasis in the desert. Arizona Master Gardeners Inc.
- Kemple, M. & Keiffer, J. 1998. Digging deeper: integrating youth gardens into schools and communities. Canadá, Foodworks.
- Ramírez-Soto, A.F., García-Valencia, A., Trujillo-Santos, O., Sheseña-Hernández, I.M., Gutiérrez-Sosa, G.H., Gómez-Sánchez, I., Contreras-Huerta, I., Angón-Rodríguez, S.A., García-Coll, I. 2022. Soluciones basadas en Naturaleza (SbN) para enfrentar el cambio climático en zonas de montaña. La restauración ecológica como estrategia complementaria a la agroforestería. CityAdapt, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México. 101 p.

www.cityadapt.com

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Número de huertos construidos (#).
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Número de personas capacitadas (#). • Número de herramientas de capacitación elaboradas (#). • Cantidad de hortalizas y frutales que se producen en los huertos (Kg). • Número de mercados o puntos de distribución en los que se comercializan los productos (#). • Ingreso económico generado por la venta de hortalizas y frutales (moneda local).
Impacto cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción de las personas sobre el mejoramiento en su calidad de vida.



Referencias

- UNICEF. 2019. Buenas prácticas ambientales y su vinculación con la acción climática. Estudio de caso: huerto escolar y finca de café. Disponible en: <https://www.unicef.org/honduras/media/531/file/%20Huerto-escolar-y-finca-de-caf%C3%A9-estudio-de-caso-2019.pdf>
- Vicens Vives Blog, 2018. 7 beneficios del huerto escolar como recurso educativo. 2018. Disponible en: <https://blog.vicensvives.com/7-beneficios-del-huerto-escolar-como-recurso-educativo/>

Sitios web

- Kidsgardening <http://www.kidsgardening.com>
Uno de los más importantes sitios web de América. Muchas de sus actividades, ideas, historias y hechos son aplicables en todas partes. También hay resúmenes de investigaciones y una sección sobre actividades comerciales.
- FAO School Gardens www.fao.org/schoolgarden
Contiene descripciones de proyectos de éxito de la FAO, material de la FAO sobre huertos escolares y enlaces a otros recursos.
- City Farmer <http://www.cityfarmer.org/schgard15.html>
Abundante información útil sobre agricultura y enlaces a otras organizaciones.
- Why hunger? <http://www.whyhunger.org>
Sitio web fácil de utilizar con noticias, información y enlaces a numerosas organizaciones pertinentes.
- School Garden Weekly <http://schoolgardenweekly.com/resources>
Revista americana en línea, que también facilita enlaces a la mayoría de las organizaciones de huertos escolares de los Estados Unidos.

www.cityadapt.com

18. Protocolos de Soluciones basadas en la Naturaleza

Huertos Resilientes



El huerto resiliente es una parcela de tierra utilizada para el cultivo y cosecha de alimentos y se puede convertir en un espacio de enseñanza-aprendizaje en las escuelas. Entre sus características destacan un tamaño pequeño y rico en flores y arbustos, que proporcionan vegetales, hortalizas, hierbas aromáticas y frutas. Se implementan desde la estrategia agroecológica que implica prácticas de cultivo de alimentos sin deterioro del medio ambiente. Puede también responder a condiciones limitadas de disponibilidad de agua, e incluir un mecanismo de riego por goteo y en algunos casos de recolecta de agua de lluvia.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 3 – fortalecer la aplicación de políticas inclusivas mediante la implicación comunitaria para mejorar los medios de vida.

Duración

La **implementación** de un huerto puede realizarse en un periodo de 4 a 6 meses, desde la selección del sitio hasta el proceso de capacitación, siembra, manejo del cultivo y cosecha de los productos.

El **funcionamiento** de este puede ser de carácter permanente dependiendo del adecuado seguimiento de los cultivos y de la organización comunitaria para el manejo del mismo.

Lugar de implementación

Se requiere un área mínima de 24 m² para el caso de escuelas, o áreas más grandes en la zonas periurbanas y rurales, según las necesidades y capacidades de gestión de los beneficiarios y las beneficiarias. Este protocolo no estudia el caso de huertos de tamaño menor.

Beneficiarios (~#)

Se enfatiza en la escala colectiva, debido a que es una acción orientada a generar la participación de la comunidad. El número de beneficiarios depende del tamaño, la diversidad de especies y número de cosechas.

Amenazas atendidas

 Sequía

Co-beneficios sociales y económicos

Mayor insumo

- Ahorros en la compra de alimentos.
- Utiliza un área disponible y desaprovechada.
- Implementación sencilla y bajos costos de mantenimiento.

Cohesión Social

La participación de la comunidad, mediante un proceso de capacitación de aprender haciendo, les permite ser los responsables directos del manejo de los huertos.

Educación

Es una buena experiencia para mostrar los servicios ecosistémicos y los medios de vida resilientes al clima en la escuela y comunidad



Para más información
www.cityadapt.com



Principales impactos climáticos atendidos

Reducción de la seguridad alimentaria

Se convierten en el centro de abastecimiento para la alimentación de la comunidad. Gracias a la diversificación de cultivos se pueden obtener alimentos durante todo el año.

Pérdida de productividad

Proporcionan un sistema productivo sostenible, debido al sistema resiliente que distribuye las pérdidas en caso de eventos extremos por lluvia o calor.

Necesidad de mayores insumos

Para un consumo comunitario, disminuyen los precios de los productos, ya que se elimina la cadena de suministro desde la cosecha hasta el consumo.

Propagación de plagas

Mediante la siembra de determinadas especies que funcionan como repelentes, el huerto propicia un sistema resiliente en caso de propagación de plagas.

Fases de implementación

Fase 1. Evaluación del sitio

- 1 Elección de un lugar:** se requiere un área mínima de 24 m², preferiblemente debe ser terreno plano, con accesibilidad al agua y exposición a luz solar. Se recomienda cerca de una pared para protegerlo del viento fuerte. No obstante, si no se posee un terreno adecuado, se puede optar por establecer un huerto vertical con la reutilización de materiales locales, que permite cultivar plantas, tanto hortícolas como ornamentales, en una estructura vertical de pared o colgante.



Fase 2. Implementación

- 1 Protección del área de siembra:** cercarlo con una malla de alambre (p. ej. tela de gallinero), plantas aromáticas y frijol de abono (un abono verde), para prevenir que lleguen insectos o animales que puedan dañarlo. Para el caso del huerto comunitario, por ser un área grande se recomienda la construcción de un cercado con malla perimetral.
- 2 Acopio de materiales, insumos y semillas locales:** es importante que con la debida anticipación se provean de materiales e insumos propios de la zona como arena, tierra negra, hojarasca, ceniza, postes o varas para tutores y semillas nativas entre otros.
- 3 Elaboración de abonos orgánicos:** se sugiere su elaboración antes de la siembra de los diferentes cultivos, para su incorporación al momento de la preparación de los suelos.



4 Preparación de la cama de cultivo: también conocida como camellón o era, es el área donde se planta. Se necesita crear un suelo con los nutrientes adecuados para que las plantas crezcan sanas y de forma constante. Las dimensiones ideales de la cama son 2 m de largo, 1 m de ancho y 60 cm de profundidad. Los pasillos deben medir entre 40 y 50 cm. En todo caso, el largo de la cama depende del terreno disponible.

5 Sobre el acondicionamiento del suelo: donde se localizarán las eras (surcos), se realiza el proceso de doble excavación, que consiste en aflojar la tierra, limpiar, aplicar cal o ceniza, arena, composta o abonos orgánicos (p. ej. bocashi) y mezcla de suelo, para mejorar la textura y la estructura, y así optimizar la fertilidad.

6 Construcción de semilleros o almácigos: para ciertas especies (como la lechuga o el tomate), se requieren plantar las semillas en pequeñas estructuras comúnmente llamado tapesco o tabanco antes de ser trasladadas a la huerta. Estos semilleros son una estructura tipo mesa donde se colocan las bandejas u otro tipo de pequeños contenedores para desarrollar las plántulas de hortalizas, donde crecerán los plantines. Los semilleros deberían ser guardados de manera a evitar lluvia, sol y viento directo y deben contar con protección contra los animales.

7 Establecimiento de especies de siembra directa: hortalizas como el pepino¹, ejote², pipián³, ayote⁴, rábano⁵, etc., no necesitan

pasar por la etapa de semillero por lo que se siembran en los camellones. Muchas de estas o la mayoría se pueden sembrar en bolsas, en macetas u otro tipo de contenedor que le garantice buen desarrollo radicular.

8 Establecimiento de especies de siembra indirecta: consiste en trasladar las plantas del semillero a su lugar definitivo. El momento ideal depende de cada especie. Por ejemplo: la lechuga cuando tenga de 4 a 5 hojas y el tomate cuando tenga de 10 a 15 cm de altura.

Phase 3. Maintenance

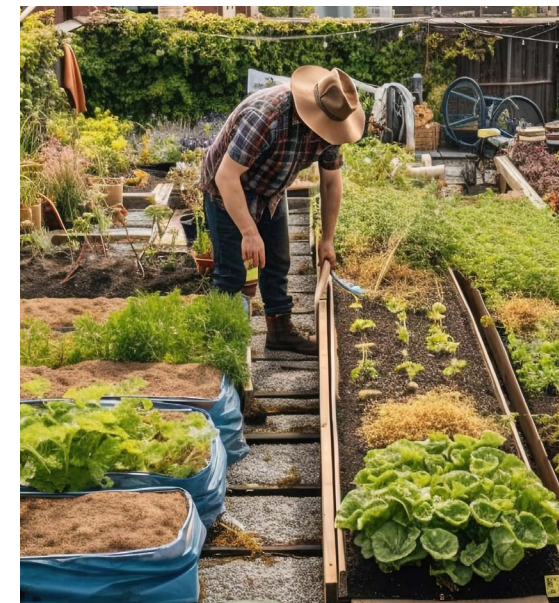
1 Riego: con el objetivo de adaptación al cambio climático, el huerto optimiza el uso de agua y sugiere la aplicación de técnicas idóneas para abastecer la cantidad de agua necesaria evitando el desperdicio de la misma, por ello, se implementa un sistema de riego por goteo que permite mantener la humedad del sustrato abasteciendo adecuadamente a la planta.

2 Raleo: consiste en eliminar las plantas más débiles y las que están muy próximas, dejando un espacio de 5 a 7 cm entre ellas. Este trabajo se realiza con las hortalizas de siembra directa

3 Tutoreo: se realiza con algunas hortalizas que necesitan soporte, para evitar el contacto de las frutas o del follaje con el suelo (tomate, pepino).

4 Control de insectos dañinos y enfermedades: consiste en evitar que las plagas presentes en el huerto causen daños a los cultivos a tal grado que afecten la producción de estos. Se hace mediante un manejo integrado a través de trampas, rotación de cultivos, barreras, siembra de variedades resistentes y uso de extractos vegetales.

5 Recolección de cosecha: se espera que sea constante, ya que se desarrollan unas 10 especies y se siembran de manera escalonada.



1. Cucumis sativus
2. Phaseolus vulgaris, conocida también como judías verdes, habichuela, vainitas, alubia verde.
3. Cucurbita argyrosperma
4. Cucurbita moschata
5. Raphanus sativus

Costos e insumos

Descripción	Escolar ⁶ , con sistema de riego por goteo con tanque de 1,100 litros (US\$)	Comunitario ⁷ , con sistema de riego por goteo con tanque de 2500 litros y sistema para la recolección de agua de lluvia (US\$)
Herramientas ⁸	172.50	439.00
Insumos ⁹	75.00	288.00
Materiales ¹⁰	32.50	161.50
Sistema de riego por goteo (incluye tubería PVC 1 pulgada, cinta de riego, conectores y filtro)	350.00	750.00
Sistema de cosecha de agua (techo, canaleta y tubería)	N/A	300.00
Total	630.00	\$1,938.50

Indicadores

Implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de huertos instalados • Número de cosechas obtenidas durante el periodo de implementación. • Producción obtenida por unidad de área (kg/m²)
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de alimento utilizado para el consumo escolar o familiar (kg) • Presencia de polinizadores en el sitio del huerto • Tasa de involucramiento de niñas y mujeres en la implementación del huerto • Cantidad de personas que solicitan insumos e información para replicar en sus hogares la dinámica del huerto



Referencias

Ministerio de Educación, 2018. Acuerdo 15-0145 Lineamientos para la implementación de huertos escolares.

FAO, MUDE SEA 2009. El huerto escolar como recurso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas del currículo de educación básica. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO Santo Domingo, República Dominicana, octubre de 2009

FAO 2009. El Huerto Escolar Orientaciones para su Implementación, Ministerio de Educación, Gobierno de El Salvador

Jiménez Diego 2014. Proyecto huerto escolar, IES EGA, San Adrián (Navarra), España.

6. El monto está calculado para un huerto de 50m². Se considera para la efectiva implementación de un huerto ecológico, contratar los servicios de un profesional en la materia quien brinde asesoría y capacitación en la elaboración y aplicación de fertilizantes y repelentes orgánicos y el manejo del huerto.

7. Está calculado para un área de 500 m² en la zona periurbana. No incluye los costos del cercado del perímetro.

8. Se requiere: azadón, pala dúplex, tijera para podar, carretilla, kit de herramientas para el cuidado de la huerta, bandeja de germinación, machete, atomizador, bomba de mochila, cubetas, piocha, rastrillo.

9. Paquetes de semillas, plantas de hierbas aromáticas, quintales de tierra negra, quintales de bocashi, quintal de minerales, repelentes o insecticidas orgánicos.

10. Material para cercar, alambre de amarre, manguera.

Producción de hongos comestibles para fortalecer estrategias de vida



La promoción de alternativas productivas en las zonas urbanas y periurbanas son algunas de las soluciones basadas en naturaleza (SbN) con enfoque en la adaptación al cambio climático basada en los ecosistemas. Estas opciones priorizan la conservación de la cubierta forestal, suelo y agua para reducir los impactos negativos del cambio climático., mejorando los niveles de bienestar de los productores.

La producción de hongos comestibles en solares o en remanentes de bosque permite agregar valor al ecosistema circundante y generar estrategias de conservación de este, al diversificar las actividades productivas y fomentar la producción para el autoconsumo o venta. Es una actividad orientada a fortalecer la autosuficiencia alimentaria, llevada a cabo por colectivos de personas que habitan las zonas periurbanas y rurales. Dado que se realiza en ambientes controlados, es menos vulnerable a los efectos adversos del cambio climático. El producto cuenta con gran aceptación en el mercado, forma parte de la dieta familiar latinoamericana y posee un alto valor nutricional.

Duración

Un módulo de producción de hongos comestibles a nivel doméstico puede implementarse en un par de semanas y tener una vida útil tan larga como el beneficiario invierta en su cuidado y mantenimiento.

Lugar de implementación

Espacios verdes urbanos, espacios comunes en la periferia de las ciudades, zonas de alta vulnerabilidad, zonas donde se requiere disminuir la presión de uso sobre los recursos naturales como los bosques.

Beneficiarios

Un módulo de producción familiar de hongos comestibles puede diversificar la dieta de 4 personas y proporcionar además ingresos económicos del orden de USD\$15 / semana durante la temporada de producción.

Amenazas atendidas



Pérdida de cosechas



Pérdida de productividad



Cambios en patrones de lluvias



Vulnerabilidad ante eventos climáticos

Co-beneficios sociales y económicos

- Eleva el bienestar de los productores dotándolos de ingresos diversificados, una fuente de ahorro, acceso a crédito, seguridad alimentaria y por tanto su empoderamiento.
- Protege la biodiversidad al reducir las actividades extractivas del bosque como la caza, el aprovisionamiento de madera, la sustracción de vegetación del bosque, entre otros.
- Esta actividad tiene una relación costo-beneficio positiva.
- Se rescata un cultivo milenario.
- Apoya a las familias campesinas con una opción que mejora la seguridad alimentaria al obtener un producto comestible de alto valor nutricional.
- Al realizarse en un ambiente controlado, potencialmente se reducen las dos principales amenazas al ecosistema: la tala inmoderada en los bosques y el cambio de uso de suelo para fines productivos.
- Reduce la vulnerabilidad climática de quien los produce ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos adversos que dañen las cosechas; los productores pueden subsistir con la producción de hongos.

Principales impactos climáticos atendidos



Disponibilidad de agua

- Ayuda a mitigar el estrés hídrico al evitar la tala de los bosques.
- Se favorece la infiltración a los mantos acuíferos por efecto de la conservación de la cobertura vegetal y el entramado de raíces.



Erosión

- Al preservar la cobertura vegetal en los bosques se reduce la erosión del suelo.



Deslizamientos

- Al preservar la cobertura vegetal en los bosques se evitan los deslizamientos de ladera.

Integración con acuerdos internacionales



SENDAI Prioridad 4: Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y "reconstruir mejor" en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

Fases de implementación

Etapa 1. Preguntas básicas para determinar si puedo producir hongos

- 1 ¿Cuento con un espacio suficiente (4-5m²), techado y donde se pueda asegurar que permanezca limpio y bien ventilado, sin acceso a fauna nociva (moscas, mosquitos, roedores, etc.)?
- 2 ¿Tengo acceso a información disponible para aprender la producción de hongos?
- 3 ¿Cuento con el apoyo familiar o comunitario de al menos 2 personas adicionales que ayuden en la búsqueda de insumos, el cuidado y la producción?



Etapa 2. Implementación

La producción de hongos se sintetiza en los siguientes pasos y se debe tener especial atención en un manejo higiénico durante todo el proceso:

- 1 Preparación del sustrato
- 2 Inoculación o siembra
- 3 Incubación
- 4 Pre-fructificación
- 5 Cosecha

Etapa 2. Implementación

La preparación del sustrato aprovecha restos de materia orgánica recortada, como restos del cultivo de maíz o bagazo de café, los cuales se empaacan en costales y se esterilizan.

Para la siembra se preparan las bolsas cuidando la higiene, donde se intercalan el sustrato y el micelio del hongo, acomodándose en capas de manera uniforme al interior de la bolsa, comenzando y terminando con micelio.

El siguiente paso es la incubación, que es el crecimiento del cuerpo del hongo en el sustrato húmedo y pasteurizado. En esta etapa las bolsas deben estar en lugares con sombra, como una terraza o incluso bajo la sombra de árboles, evitando la exposición directa al sol. Debe mantenerse muy limpia el área de incubación.

La pre-fructificación es cuando los pequeños hongos comienzan a crecer entre el sustrato y el plástico, y se les llama primordios. Transcurrido el mes de siembra se hacen cortes a la bolsa en donde van a crecer los primordios. En esta etapa es importante regar a diario las bolsas.

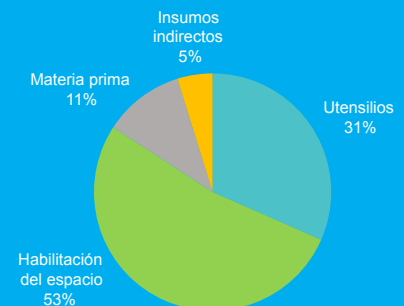
El último paso es ¡la cosecha de los hongos! que llega con la fructificación. En el momento de la cosecha se corta el hongo con una navaja al ras de la bolsa.



Costos e insumos

La producción de hongos comestibles requiere una inversión menor comparada con otras alternativas productivas, y sobre todo el retorno de la inversión se da en muy poco tiempo al producirse en espacios controlados no estará supeditada la producción al clima, sino al cuidado de quien los produce.

Concepto	Costo en USD
Materia prima	\$10.5
Insumos indirectos	\$4.55
Habilitación del espacio	\$50
Utensilios	\$30
Total	\$ 95.05



Fuente: CityAdapt México, 2020.

Factores limitantes

- Variación en las condiciones climáticas, dado que se requieren condiciones específicas de humedad y temperatura para la fructificación, es por eso que los hongos son excelentes bioindicadores de los cambios climáticos.
- Peligro de contaminación por manejo inadecuado
- Se requiere un alto nivel de compromiso de los beneficiarios
- Se requiere acompañamiento intensivo por periodos de tiempo prolongados
- Falta de alternativas para la comercialización del producto.



Indicadores

Implementación	Número de módulos instalados (#)
Impacto cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Número de personas directamente beneficiadas (#) • Volumen de hongos producidos (kg) • Ingresos obtenidos por la venta de los hongos (\$) • Número de personas interesadas en la capacitación (#)
Impacto cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción de los beneficiarios sobre la diversificación de su alimentación. • Percepción de los beneficiarios sobre la conservación del bosque y sus recursos.

Referencias

- CityAdapt México. 2020. Producción de hongos comestibles como alternativa de medios de vida resilientes a las comunidades periurbanas de los municipios de Tlalnelhuayocan y Xalapa.

- La casa de las Setas. Tipos de setas y hongos y su función en el bosque. Recuperado de: <https://lacasadelasetas.com/blog/cual-es-la-funcion-de-las-setas-en-el-bosque/>

www.cityadapt.com

Para mayor información consulta el manual de producción de hongos comestibles de CityAdapt.

Sistema de captación de agua de lluvia



Los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) permiten la captación de agua de lluvia de techos (particulares o de edificios comunitarios) mediante canales y tubos que la guían a un tanque o cisterna, pasando antes por un filtro (y otros tratamientos según el uso) que limpia y habilita el agua para el consumo particular o comunitario. El sistema también puede fortalecer la comunidad a través del manejo colectivo del agua para la producción agrícola, cuidado de animales, e higiene.

Integración con acuerdos internacionales



Sendai: Objetivo 4 - la reducción de los daños causados por desastres naturales

Duración

Un SCALL para escuelas puede instalarse en 5 días, y, doméstico, 1 día. Su vida útil es de 20 años.

Lugar de implementación

Zonas con precipitación mayor a 800 mm anuales. Para un uso agrícola limitado, pueden instalarse en zonas con precipitación de 300 a 800 mm.

Beneficiarios (~#)

Un SCALL con almacenamiento de 10,000 litros y superficie de captación 65 m² por llenado puede abastecer una familia de 5 miembros por 40 días (dotación mín. De 50 l/hab/día según la OMS).

Amenazas Atendidas



Temperaturas altas



Lluvias intensas



Cambios en patrones de lluvias



Sequía

Co-beneficios sociales y económicos

Mayor insumo

- Utiliza un recurso ya disponible y desaprovechado
- Instalación sencilla, inversión económica relativamente baja, bajos costos de mantenimiento
- Disminuye la cantidad de energía para bombear y transportar el agua
- Disminuye costos de mantenimiento de jardines, huertos, limpieza, consumo general de agua

Cohesión Social

Fortalecimiento de la comunidad, uso y fortalecimiento de capacidades del centro escolar o edificio público

Educación

Herramienta factible para la educación en cuidado y uso eficiente del agua

Incendios

El agua almacenada puede usarse para combatir incendios



Más información en
www.cityadapt.com

Principales impactos climáticos atendidos



Disponibilidad de agua

- Mitiga el riesgo de estrés hídrico asegurando agua de buena calidad para múltiples usos durante periodos de escasez y lluvias no predecibles.
- Reduce el consumo de agua potable de otras fuentes (botellas, grifo, etc.) y disminuye la sobreexplotación de los cuerpos de agua y los acuíferos.
- Facilita el acceso al agua a sectores vulnerables de la población, principalmente mujeres, que recorren grandes distancias para recolectar agua, a veces contaminada.
- Mejora las condiciones sanitarias del lugar donde es implementado.



Inundaciones

Disminuye inundaciones en zonas bajas al reducir el flujo de agua a los drenajes



Erosión

Mitiga el efecto de erosión de las avenidas durante lluvias intensas.



Deslizamientos

Con menos flujo de agua e inundaciones, se reduce el riesgo de deslizamientos.



Daño y/o pérdida de cultivos

Proporciona agua en épocas de sequía para el riego de cultivos y disminuir la pérdida por inundaciones y erosión, aumentando así la seguridad alimentaria.

Fases de implementación

Etapa 1. Preguntas básicas para diseñar el sistema

1 ¿Es viable en el sitio donde vivo? ¿Cuánto llueve al año?

Se diseña el sistema con respecto al edificio donde se captará el agua, analizando dónde y cómo se colocará cada componente del sistema. Se debe calcular de cantidad de agua captable, lo que depende de la unidad de almacenamiento elegida y de las condiciones locales como las indicaciones del servicio meteorológico y la estimación de cuántos días por año el sistema puede proporcionar suficiente agua (ojo: algunos lugares recibirán menos lluvia debido al cambio climático)

Se recomienda un separador de primeras aguas de 200 litros por cada 5,000 litros de agua

2 ¿Tengo una superficie adecuada para captar?

Las superficies pueden ser techos, cobertizos o incluso patios impermeables, lisos, uniformes, y limpios. Los mejores materiales son láminas de policarbonato, acero, zinc, techos de concreto y en última instancia tejas u otros materiales. Evitar láminas de cartón con hidrocarburos y las láminas de asbesto

4 ¿Cuál es la demanda diaria de agua?

Determinar si el SCALL tendrá un uso comunitario o particular, para consumo humano o actividades productivas. Referirse a la OMS para estimar la demanda. En México, por ejemplo, la demanda es de 150 a 250 litros por habitante por día, pero varía según el clima de cada lugar

3 ¿Cuento con almacenamiento o espacio para construir una cisterna o colocar un tinaco?

Calcular el espacio según el almacenamiento que requiere. Si el edificio está en etapa de construcción, priorizar una cisterna. Si no, considerar un área para colocar un tinaco rotoformado.



Referencias

- Video: [Captación de agua de lluvia](#)
- Haus. 2019. [Agua de lluvia: 7 grandes beneficios de recolectar, almacenar y aprovechar el agua del cielo.](#)
- Escamilla, P. 2020. [Captación de agua de lluvia, alternativa sustentable.](#)
- Sedema. 2019. [Cosecha de lluvia.](#)
- [www.islaurbana.com.mx](#)
- Valentini, G. 2018 [¿Cuáles son los beneficios de la captación de aguas pluviales?](#)
- Ministerio de Medio Ambiente de El Salvador (MARN), 2016. "Guía Práctica de Captación de Agua Lluvia". San Salvador, El Salvador. 12 páginas

Etapa 2. Implementación

Un SCALL tiene cuatro componentes principales: techo (captación), canales y tuberías (recolección), filtros y tanque de almacenamiento, y sistema de distribución

1 Las canaletas se instalan en los aleros de la cubierta, en todo el borde o perímetro.

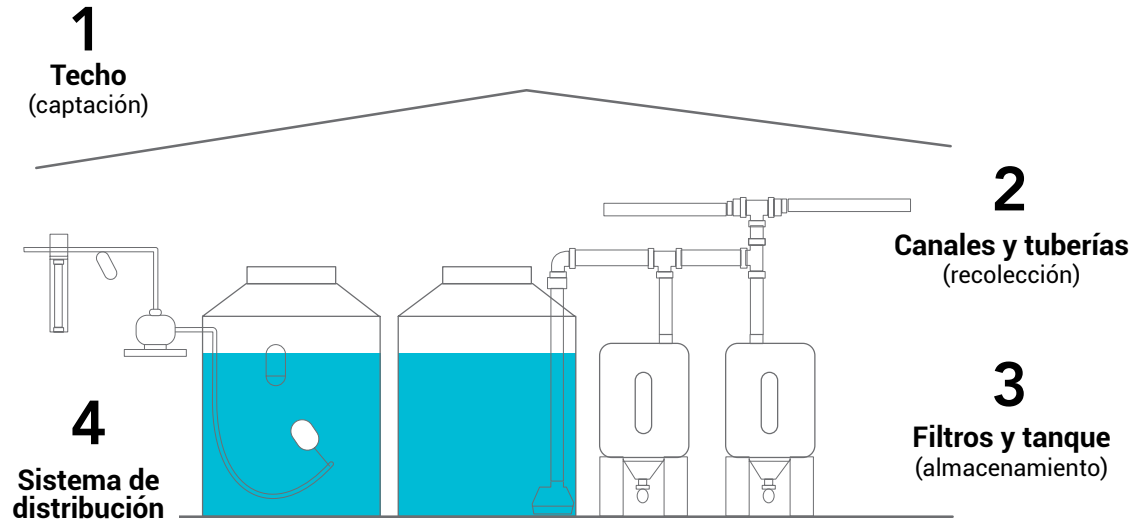
Deberán ser de PVC o metálicas, con dimensiones según el cálculo de agua captable, estructura reforzada para el peso del agua, y sin obstrucciones o fugas. Si ya existen canaletas, compruebe que su estado y dimensiones sean adecuadas para el volumen de lluvia a recolectar.

2 Se instalan las bajadas del agua de lluvia, asegurándose que sus dimensiones sean suficientes para el mayor caudal posible.

La bajada se conecta directamente con el primer filtro que evita que los desechos sólidos lleguen al tanque. Se garantiza que el sistema de tuberías sea lo más directo posible, que no cuente con excesivos cambios de dirección ni largas distancias. Se recomienda utilizar tuberías y accesorios de PVC sin daños ni fugas.

3 Se coloca, conecta e instala el tanque de captación (ver gráfico)

Según el tipo de sistema, gravedad o bombeo, se instalan las estructuras complementarias, como el separador de agua. Según el tipo de tanque, se instalan instrumentos adicionales, como dosificador de cloro, bomba flotadora, entre otros.



4 El agua pasa a otro filtro para que el agua sirva para diferentes usos

En esta etapa se limpia el agua de cualquier sedimento o contaminantes, olores y sabores. Es una buena práctica utilizar la primera lluvia para auto limpieza de techo, canales y tuberías, y no almacenarla.

5 Dependiendo del uso que se quiera dar se puede:

- Instalar un sistema de riego para cultivos, áreas verdes, huerto, etc.
- Conectar la salida del tanque a tuberías de alimentación de inodoros y/o lavaderos, para limpieza y mantenimiento de sanitarios, biojardinería, entre otros.
- Si se desea potabilizar el agua, se deberán tomar pasos adicionales para la instalación del sistema de filtraje adecuado. Su mantenimiento cuesta más.

Costos e insumos¹

Costos en USD	Sistema comunitario 2 tanques de 5,000 L	Sistema doméstico 1 tanque de 2,500L
Mano de obra	\$300	\$73
Insumos directos	\$1,804 ²	\$730
Insumos indirectos	\$375	\$260
Asesor técnico y promotor social	\$974	N.A.
Total	\$ 3,453	\$1063

1. Costos comunitarios de CityAdapt El Salvador; Costos domésticos de CityAdapt México

2. Incluye la hechura, colocación de canales, dos tanques, instalación de equipo de bombeo. Para uso comunitario, considerar costos adicionales de batería de 4 sanitarios (~ \$ 3,500), 6 lavaderos comunitarios (~ \$ 2,500) y biojardinería (~ \$ 300 por 4m²).

Etapa 3. Mantenimiento

- Para garantizar el funcionamiento, se requiere la limpieza de canales, filtro y tanque del sistema.
- El filtro de malla debe lavarse cada 15 días.
- El filtro de carbón activado requiere cambiar el cartucho cada 6 o 12 meses según especificación.
- Mantener la malla o filtro para no crear foco de enfermedades transmitidas por los mosquitos.



Indicadores

Implementación	Cantidad de sistemas instalados (#)
Impacto cuantitativos	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda de agua sin SCALL (m³) • Número de personas directamente beneficiadas (#) • Ahorro en el costo del servicio de agua potable (USD\$) • Volumen de agua utilizado para consumo humano (m³) • Volumen de agua utilizado para actividades productivas (m³)
Impacto cualitativos	<ul style="list-style-type: none"> • Percepción de vulnerabilidad en el abasto de agua (antes y después de la instalación del sistema) • Percepción de simplificación de tareas domésticas • Variación del tiempo dedicado a algunas tareas domésticas (antes y después de la instalación del sistema) • Variación de estrategia para enfrentar escasez de agua (ej. usar lavaderos públicos para lavar ropa, compartir agua de otros, captar agua de lluvia directamente para ciertos usos, etc.)

Referencias

- Agencia de Cooperación Internacional Japonesa (JICA), 2015. "Guía Técnica para Cosechar el Agua Lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en la Sierra". Chimborazo, Ecuador. 24 páginas.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2013. "Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe". Santiago, Chile. 272 páginas.
- Ventura, E. Captación "in situ" del agua de lluvia para la producción de cultivos en regiones semiáridas. Universidad Autónoma de Querétaro. C.U. Cerro de las Campanas, Querétaro, México.

PARA MÁS INFORMACIÓN VISITA LA WEB: WWW.CITYADAPT.COM

