

GUÍA TÉCNICA PARA LA RESTAURACIÓN RIPARIA

City  Adapt

RECONECTANDO CIUDADES CON LA NATURALEZA

LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE



RED DE VIVEROS
DE BIODIVERSIDAD

Guía Técnica para la Restauración Riparia. Red de Viveros de Biodiversidad A.C. y CityAdapt. México, 2021.

Esta guía ha sido elaborada en el marco del proyecto *CityAdapt: Construcción de resiliencia climática en sistemas urbanos mediante Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) en América Latina y el Caribe*.

Colaboradores:

Coordinación editorial: Gabriela Helena Gutiérrez Sosa
Fotografía de la portada: Gabriela Helena Gutiérrez Sosa
Diseño y maquetación: Ana María Gómez Mayorga
Ilustraciones: Ana María Gómez Mayorga
Iconografía: Gabriela Helena Gutiérrez Sosa
Revisión y correcciones: Arturo García Valencia, Omar Trujillo Santos y Gabriela Helena Gutiérrez Sosa.

Agradecimientos:

Fondo Golfo de México A.C.
Leonel Zavaleta Lizárraga

ONU Programa para el Medio Ambiente
Marta Moneo
Sergio Angón
Isabel García-Coll

Cómo citar:

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, City Adapt y Fondo Golfo de México. 124 p.

Contacto:

CityAdapt
www.cityadapt.com
Sobre el proyecto: marta.moneo@un.org
Contacto en México: sergio.angon@un.org

Red de Viveros de Biodiversidad A.C.
www.revivemx.org
info@revivemx.org



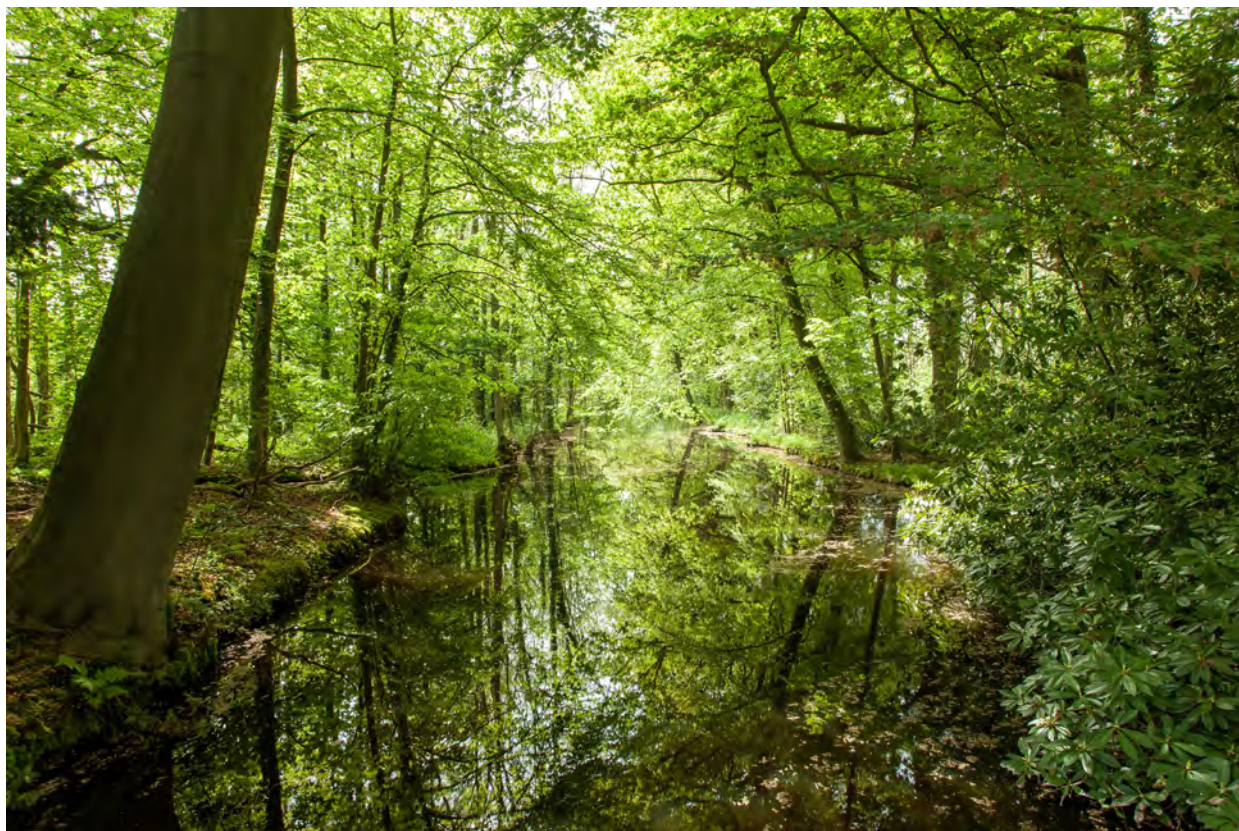
ÍNDICE

1	Introducción	6
1.1	Al rescate de los espacios riparios	13
1.2	Composición del espacio ripario	25
1.3	Aspectos climáticos y geológicos para la restauración riparia	28
1.3.1	Climas comunes de México	29
1.3.2	Geomorfología y tipos de cauces	34
1.4	Vegetación típica de las orillas de los ríos	35
1.4.1	Entendiendo la vegetación y el proceso de sucesión	35
1.4.2	Sistemas de raíces de los árboles riparios	37
1.4.3	Formas de dispersión de semillas y propágulos de la vegetación riparia	42
2	Compendio de fichas técnicas para la restauración riparia	45
2.1	Cómo usar estas fichas	46
2.2	Estaquillado	49
2.3	Fajina	52
2.4	Trenzado de mimbre	55
2.5	Empalizada viva de madera	58
2.6	Entramado simple de madera con palo frontal	61
2.7	Entramado doble de madera vivo	64
2.8	Enrejado vivo	67
2.9	Estera de ramaje	70
2.10	Riley	73
2.11	Minibarreras vivas de control de erosión	76
3	Catálogo de árboles para la restauración riparia	79
3.1	Cómo usar este catálogo	80
	Nombre científico / Nombre común	
3.2	<i>Acer negundo</i> / Arce	83
3.3	<i>Annona glabra</i> / Anona	85
3.4	<i>Carpinus caroliniana</i> / Pipinque	87
3.5	<i>Ceiba pentandra</i> / Ceiba	89

3.6	<i>Clusia rosea</i> / Cuautempala	91
3.7	<i>Cojoba arborea</i> / Frijolillo	93
3.8	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> / Nacaxtle	95
3.9	<i>Ficus aurea</i> / Higuerón	97
3.10	<i>Haematoxylum campechianum</i> / Tinto	99
3.11	<i>Inga pavoniana</i> / Chalahuite pachón	101
3.12	<i>Inga vera</i> / Chalahuite	103
3.13	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> / Habín	105
3.14	<i>Mammea americana</i> / Zapote domingo	107
3.15	<i>Pachira aquatica</i> / Apompo	109
3.16	<i>Platanus mexicana</i> / Haya	111
3.17	<i>Salix humboldtiana</i> / Sauce	113
3.18	<i>Styrax glabrescens</i> / Jazmín	115
3.19	<i>Taxodium huegelii</i> / Ahuehuete	117
3.20	<i>Ulmus mexicana</i> / Olmo	119
4	Referencias	121

1. Introducción

La *zona riparia* o ribereña se refiere a la región de transición e interacción entre el medio acuático y terrestre. Incluye elementos bióticos y abióticos que se encuentran influenciados por un cuerpo de agua de estacionalidad perenne, intermitente o transitoria, por ejemplo, lagos, ríos, arroyos y estuarios. La zona riparia puede considerarse como una franja de extensión variable adyacente a un cauce, donde se encuentran comunidades biológicas especializadas en función de los cuerpos de agua.



Ecosistema ripario. Fotografía: Freepik.

A las comunidades vegetales presentes en las zonas riparias se les conoce como vegetación riparia o bosque de galería. Los límites, patrones sucesionales, estructura, disposición vertical y microhábitats de la vegetación riparia se encuentran especialmente influenciados por atributos hidrológicos y

geofísicos. Pese a que las áreas en que se encuentra la vegetación riparia no son tan extensas, estas aportan bienes y servicios imprescindibles para la subsistencia de los asentamientos humanos.



Vista de río Paraná. Fotografía: Gabriela H. Gutiérrez Sosa.

Estabilidad y protección de viviendas o infraestructura

Las raíces de la vegetación riparia reducen la velocidad de los flujos de agua y refuerzan la estabilidad de las orillas, evitando la erosión y deslave en el margen del cauce y zonas adyacentes. Uno de los errores de mayor incidencia en la gestión de las zonas riparias consiste en el cambio de uso de suelo, lo cual afecta especialmente el flujo hídrico y a la población residente de dicho lugar; ya que esta queda expuesta a continuas inundaciones en donde frecuentemente se pierden enseres de vivienda y edificaciones. La conservación y restauración de estos sitios se enfoca en reducir la frecuencia y severidad de posibles inundaciones, disminuir la erosión debido al flujo natural del agua y las afectaciones a las viviendas o edificaciones.



Haya (*Platanus mexicana*) junto a arroyo en zona periurbana de Xalapa, Veracruz, México. Fotografía: Gabriela H. Gutiérrez Sosa.

Embelllecimiento funcional de zonas recreacionales

La planificación y gestión adecuada de los espacios riparios favorece ampliamente al paisaje escénico. Los árboles en estas zonas, usualmente tienen eventos de floración que resultan atractivos a la vista debido a la variación e intensidad de sus colores, también proporcionan espacios para actividades de recreación que contribuyen al bienestar psicológico de las personas, promueven el sentido de identidad con la naturaleza y atraen diversos polinizadores de importancia ecológica así como especies residentes y migratorias.

La inclusión de plantas en las ciudades para el embellecimiento del paisaje no es un lujo, sino una necesidad para la sostenibilidad urbana. La preferencia del humano hacia estos ambientes es tal que se ha manifestado en la ubicación y disposición de los asentamientos, incluso en ausencia de un propósito definido, el atractivo estético de ambientes lleva a la gente a los bordes de las aguas.



Área verde que embellece la ciudad. Fotografía: Freepik.

Mitigación de los efectos de la contaminación de ríos y mejoramiento en la calidad del agua

Actualmente el 55% de la población humana radica en zonas urbanas y se espera que este porcentaje aumente considerablemente en los siguientes años. El proceso de urbanización a su vez incrementa sus conflictos asociados, por ejemplo, problemas relacionados con las zonas riparias, como la escasez y deterioro en la calidad del agua, riesgos de inundaciones o deslaves, ausencia de espacios para la recreación y pérdida de la biodiversidad.

Las áreas urbanas son una gran fuente de contaminación difusa debido a que las superficies impermeables de edificaciones y calles no permiten la infiltración de agua, por lo que esta escurre en grandes cantidades y llega a los ríos en gran volumen, erosionando los márgenes, dañando la vegetación y expandiendo los canales. Además, la urbanización también aumenta la variedad y la cantidad de los contaminantes: sedimentos de áreas en construcción, aceites, químicos tóxicos, pesticidas, virus, bacterias, descargas de drenajes y metales pesados.



Vista aérea de arroyo contaminado en Xalapa, Veracruz, México.
Fotografía: Arturo García Valencia.

Otro problema provocado por los asentamientos humanos sobre los ambientes riparios es la eutrofización, fenómeno provocado por la elevada concentración de fósforo y nitratos en los cuerpos de agua. Este fenómeno propicia el crecimiento acelerado de plantas acuáticas de vida corta que posteriormente dan lugar a procesos de descomposición, en donde se consume una parte importante del oxígeno en el agua. En consecuencia, se deteriora la calidad del agua, disminuye la biodiversidad presente y se pierde el equilibrio de este delicado ecosistema.



Tramo de arroyo con altos niveles de contaminación en zona periurbana de Xalapa, Veracruz, México. Fotografía: Arturo García Valencia.

Las zonas riparias son imprescindibles para el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos, ya que al ser ambientes ricos en biomasa y materia orgánica presentan una alta diversidad microbológica, la cual soporta una variedad de procesos biológicos que transforman los elementos químicos disueltos en el agua. Las zonas riparias interceptan y retienen el exceso de partículas en el agua, esta capacidad facilita la remoción de nutrientes, sedimentos suspendidos y compuestos tóxicos como los pesticidas. La conservación y restauración de las zonas riparias es una actividad primordial para mitigar los niveles de contaminación y regular la calidad de los recursos hídricos provisionados para uso humano.

Corredores biológicos

Los ambientes riparios representan nichos de oportunidad únicos, de los cuales dependen especies exclusivas. En estos ambientes, la vegetación representa el pilar fundamental para la resiliencia de una red trófica compleja, un ejemplo claro es el desarrollo de la vida acuática, como los peces que dependen de la sombra para regular el oxígeno en el agua y de un aporte de materia orgánica, que en etapa de descomposición representa una fuente de alimento.



Peces en estanque. Fotografía: Freepik.

La vegetación riparia forma un oasis para la fauna acuática y terrestre. La sombra sobre los cauces influye directamente en la temperatura del agua y permiten la anidación, desarrollo y alimentación. La zona limítrofe de los cauces también proporciona refugio y alimento a especies migrantes. Por lo tanto, mantener la extensión continua de la vegetación ribereña es sumamente importante para la formación de corredores biológicos que permitan el tránsito natural de la biodiversidad y el balance dentro del ecosistema.



Garza en humedales de Xochimilco, Ciudad de México.
Fotografía: Gabriela H. Gutiérrez Sosa.

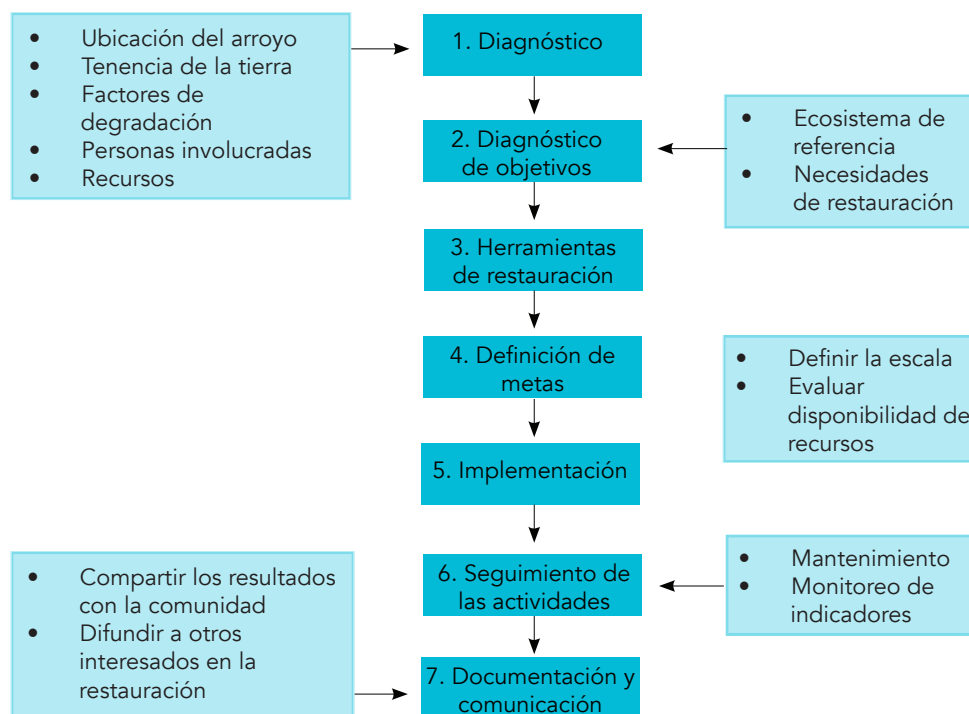
La creación de corredores vegetales a lo largo de los cuerpos de agua también es una de las medidas para restaurar la calidad de las aguas superficiales. Gracias a que contribuye a la retención de sedimentos, sombrea el agua y reducen su temperatura, estabilizan las orillas, reducen los riesgos de erosión y ofrecen hábitat para la biodiversidad local. Por lo que mantener los espacios riparios en condiciones favorables optimizará los bienes y servicios que estos pueden ofrecer a las ciudades, como disponibilidad de agua limpia, sombra y protección contra fenómenos naturales.

1.1 Al rescate de los espacios riparios

El proceso para una restauración efectiva en zonas riparias comienza antes de la ejecución de las intervenciones. Reconocer las necesidades de la población y la aptitud de la restauración es un paso obligado antes de iniciar las actividades en campo.

Si bien no existe una receta que garantice el éxito para restaurar un ambiente ripario, existen pasos y recomendaciones a tener en cuenta para encaminar adecuadamente la restauración. El

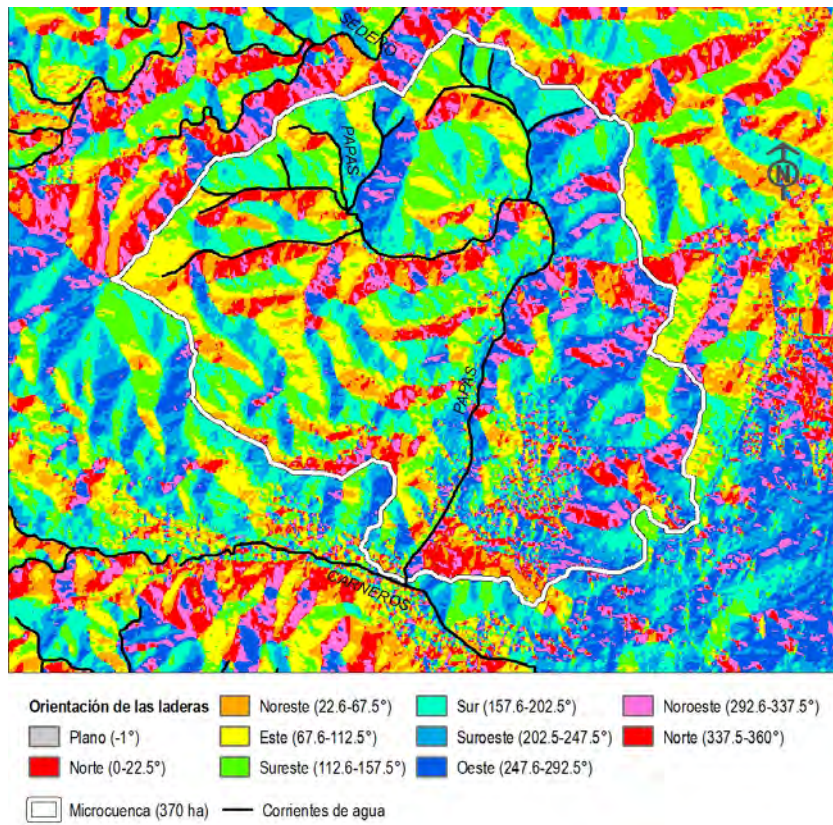
proceso implica una serie de actividades de caracterización o diagnóstico, definición de objetivos y metas, planificación y selección de herramientas de restauración, implementación, seguimiento de actividades, documentación y comunicación de los resultados. Estos pasos ayudarán a lograr un proyecto exitoso.



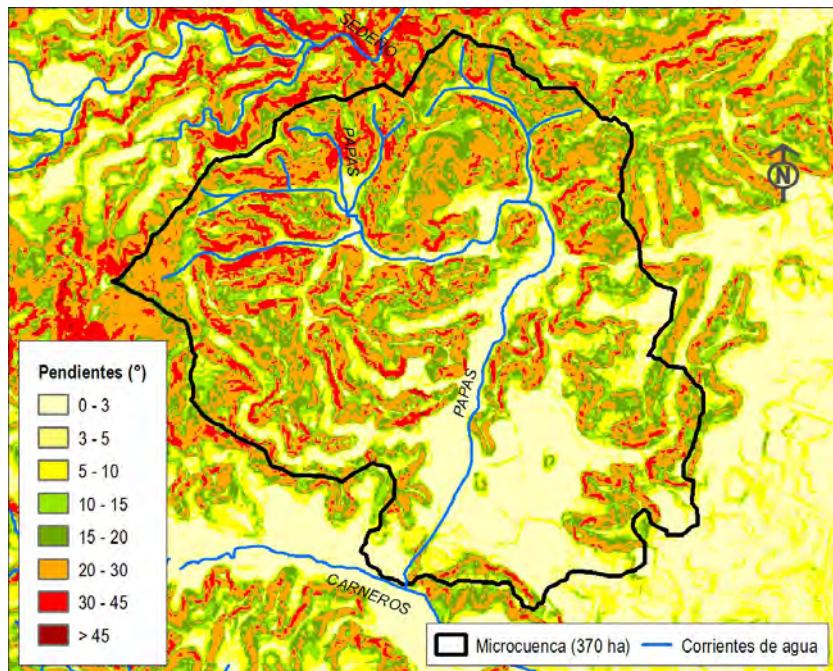
Etapas de la restauración. Fuente: Tomado de Meli P y Carrasco-Carballido V. (2011)

Caracterización

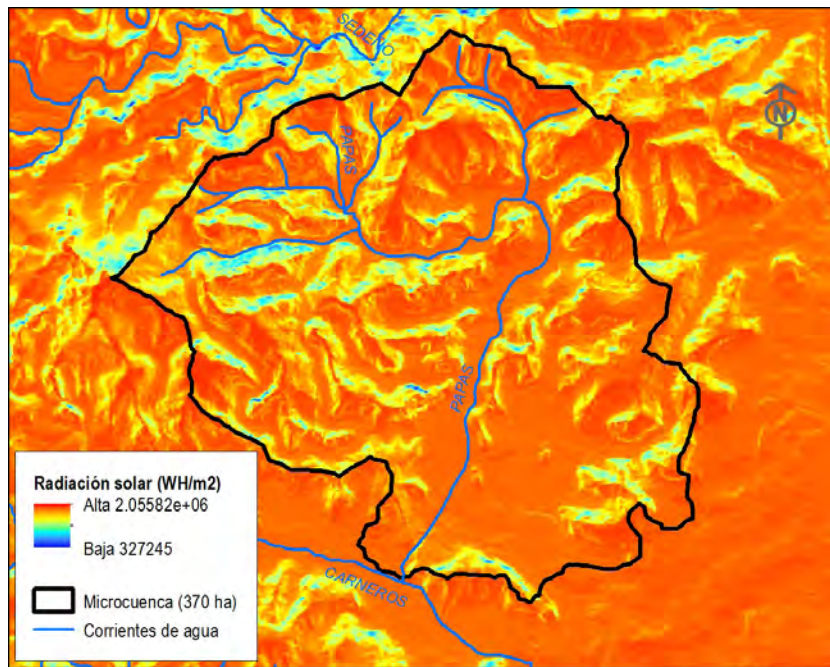
La caracterización se implementa para describir los rasgos representativos del territorio donde se planea ejecutar el proyecto. Para el ambiente ripario lo ideal es hacer un análisis a escala de cuenca y microcuenca, esto permite conocer las características actuales en un contexto amplio y local. Se sugiere identificar características físico-biológicas como tipos de cauce, clima, precipitación, radiación solar, orientación de las laderas, ángulo de inclinación de las pendientes, estado de la vegetación actual, sitios de intervención y factores que los degradan. Además, se deben incluir indicadores sociales como grado de marginación, grupos vulnerables, grupos interesados, beneficiarios, actores clave, alianzas o articulaciones y percepción local sobre la importancia y uso de los ambientes riparios. Otros elementos a considerar son los recursos financieros y capacidad técnica del equipo operativo, tiempo o vigencia del proyecto.



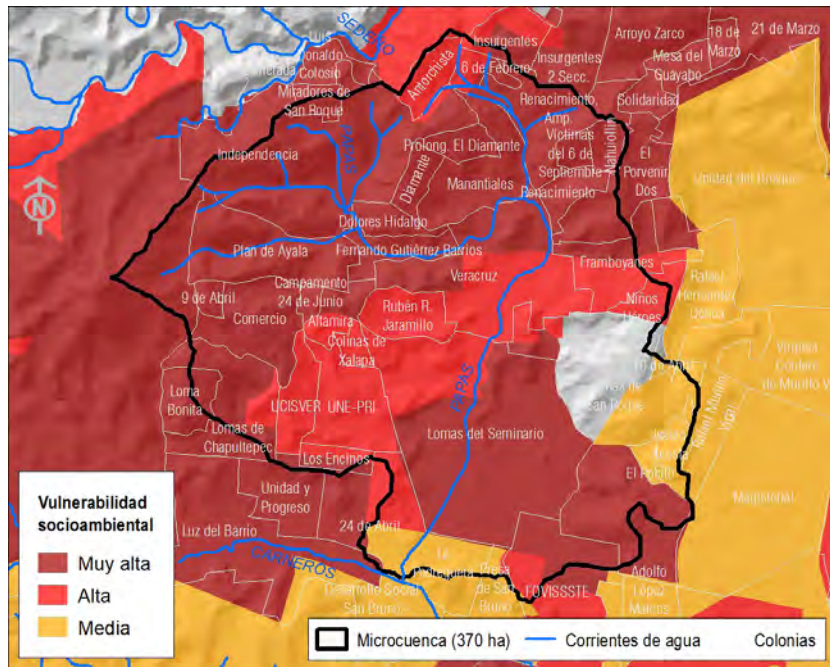
Mapa de orientación de laderas para la restauración del arroyo Papas, en Xalapa, Ver., México.
Fuente: Red de Viveros de Biodiversidad. A.C., 2021.



Mapa de inclinación de pendientes para la restauración del arroyo Papas, en Xalapa, Ver., México.
Fuente: Red de Viveros de Biodiversidad. A.C., 2021.



Mapa de radiación solar para la restauración del arroyo Papas, en Xalapa, Ver., México.
Fuente: Red de Viveros de Biodiversidad. A.C., 2021.



Mapa de vulnerabilidad socioambiental en Xalapa, Ver., México.
Fuente: CityAdapt, ONU Medioambiente. México, 2019.

Al final de la caracterización se tendrá una idea más clara sobre la aptitud de restauración en los sitios seleccionados, definición de metas reales, técnicas a utilizar, especies adecuadas, recursos

económicos necesarios, tiempos de ejecución y población participante. La viabilidad para la implementación de las intervenciones se puede apreciar en áreas que requieren de poca inversión para su recuperación, e igualmente depende del componente social, ya que la restauración es más práctica en áreas donde las comunidades locales y sus gobiernos tienen consentimiento del proyecto y donde la tenencia segura de la tierra garantiza los resultados de la restauración a largo plazo.

Definición de metas y objetivos

En un proyecto de restauración es importante tener claro la diferencia entre metas y objetivos. Las metas corresponden a los resultados deseados del proyecto, deben ser medibles y alcanzables. Las metas permiten evaluar si el proyecto avanza, está estancado o tiene problemas para alcanzar lo planteado. Mientras que los objetivos pueden ser variables; sin embargo, actualmente deben estar alineados con los objetivos de políticas incluidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, incluyendo el incremento de la seguridad alimentaria, la reducción de pobreza, el mejoramiento de fuentes de agua, la protección de la diversidad biológica, la mitigación de desastres y la adaptación al cambio climático. La definición de los objetivos de la restauración debe ser clara y concreta, ya que estos serán la base con la cual se decidirá qué herramientas de restauración utilizar y la forma en que se cumplirán. Generalmente, los objetivos de la restauración riparia se enfocan en la recuperación de la vegetación, enriquecimiento de la biodiversidad, aumentar servicios ecosistémicos, prevenir erosión o deslaves, mitigar riesgos de inundaciones, recuperar flujos hídricos y embellecer el paisaje. Además, es importante determinar zonas de referencia positiva, es decir, zonas con las condiciones y funciones que se esperan recuperar.



Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Planificación de la restauración

La planificación debe utilizar datos sobre gobernanza local, iniciativas comunitarias y otras consideraciones sociales para determinar si las intervenciones de restauración son necesarias. En la planificación se debe contemplar la forma en que participarán las partes involucradas, selección de las herramientas de restauración, insumos, tiempos, formas de trabajo y delegación de responsabilidades. Lo ideal es que en este proceso se atiendan las causas de la degradación con la participación activa de las partes interesadas y actores clave, especialmente la de los grupos vulnerables.

Durante la planificación también se debe realizar una evaluación rápida de los sitios de referencia, así como determinar y priorizar las necesidades de restauración a lo largo del paisaje. La evaluación consta de al menos tres fases:

1. Análisis cartográfico y clasificación de los sitios.
2. Evaluación sobre el terreno.
3. Desarrollo de estrategias específicas para cada sitio.



Análisis del terreno mediante cartografía.
Fotografía: Red de Viveros de Biodiversidad A.C.

Es posible que existan demandas contrapuestas sobre el uso de la tierra y puntos de vista diferentes con respecto a los tipos de intervenciones que se llevarán a cabo, por lo cual es esencial conciliar estas opiniones en la medida de lo posible. También se debe identificar si se requiere de obras materiales para la conservación o estabilidad del suelo, qué materiales se usarán y cómo serán suministrados. En el caso de la reforestación, la selección de las especies dependerá de las necesidades del sitio y de la comunidad. Las plantas usadas deben tener un buen sistema radicular, lignificación, vigor y una altura adecuada según su contenedor de producción. Antes de sembrarse, las plantas deben acondicionarse y prepararse para el traslado y las condiciones específicas de cada sitio. Será necesario tener claro si el equipo técnico tiene la capacidad, tiempo y presupuesto para montar un vivero o si las plantas serán adquiridas por otro medio. En el caso de requerir semillas estas deben ser colectadas de árboles ejemplares en la región o en una zona bioclimática similar. Se debe evitar cosechar semillas inmaduras o en malas condiciones, se sugiere realizar un análisis de viabilidad, test de germinación y aplicación de tratamientos pre-germinativos para lograr una germinación homogénea.



Recolecta de semillas para producción de planta en vivero.
Fotografía: Red de Viveros de Biodiversidad A.C.



Planta en contenedores air-grower, especiales para producción de árboles urbanos con buen desarrollo radicular. Fotografía: Gabriela H. Gutiérrez Sosa.

Implementación

La implementación debe contar con mapas, diseños, ensayos y prototipos que permitan su ejecución sin percances y contratiempos. Las obras materiales deben ajustarse para que las condiciones adversas (por ejemplo, inundaciones) no comprometan su construcción. Las intervenciones que implican siembra de plantas deben ajustarse a la época de lluvias o a condiciones de precipitación, siempre que sea posible.

Sin una planeación apropiada es posible que el proyecto tenga problemas, como son una mala selección de especies, mortalidad excesiva, bajos retornos económicos y hasta consecuencias

ambientales adversas. Los costos pueden ser altos e incluyen la pérdida de confianza y compromiso por parte de las comunidades locales.

Algunos proyectos contemplan tareas de mantenimiento previas y posteriores a las intervenciones de restauración, estas actividades tienen como finalidad reducir la competencia de especies de crecimiento agresivo y factores que puedan obstaculizar el éxito de las intervenciones. Entre las principales actividades de mantenimiento se encuentra el abonado, chapeo, cercado, creación de brechas cortafuego y descompactación del suelo.



Siembra de árboles en ladera cercana al arroyo Papas en Xalapa, Veracruz, México, junto con vecinos de las comunidades cercanas.

Fotografía: Arturo García Valencia.



Medición de curvas de nivel.
Fotografía: Gabriela H. Gutiérrez Sosa.



Chapeo y siembra en zona de restauración en bosque mesófilo de montaña.
Fotografía: Red de Viveros de Biodiversidad A.C.

Monitoreo

El seguimiento de las actividades es el proceso en el que se evalúa el progreso del proyecto. En el seguimiento se debe evaluar si las actividades planeadas se han cumplido en tiempo y forma, si las personas involucradas están conformes con el desarrollo del proyecto, si las plantas han recibido los cuidados necesarios, etc. Durante este proceso se podrá identificar si el proyecto va por el camino deseado o necesita adecuaciones.

El monitoreo se refiere al seguimiento exclusivo de las intervenciones de restauración, para ello será necesario montar una línea base de indicadores que sirvan para explicar el éxito de las intervenciones. Entre los indicadores más comunes se encuentra la supervivencia, altura, diámetro a la base del tronco, diámetro a la altura del pecho, biomasa, reclutamiento de nuevas plantas, ganancia de cobertura vegetal, cambios en la configuración espacial del paisaje, niveles de erosión y calidad del agua. El monitoreo revelará la condición en la cual se encuentran los sitios y las plantas, si las intervenciones transitan hacia las condiciones de un ambiente de referencia positiva, el tiempo estimado para esta transición, etc. Estas actividades se deben realizar de manera paulatina y se sugiere implementarlas en un período mínimo de cinco años.



Toma de datos para monitoreo de suelo en sitio reforestado.
Fotografía: Gabriela H. Gutiérrez Sosa.



Monitoreo del agua en arroyo cercano a restauración de laderas.
Fotografía: Gabriela H. Gutiérrez Sosa.

Comunicación y divulgación

La comunicación y divulgación de las actividades de la restauración y los resultados obtenidos servirán para evidenciar la seriedad del proyecto y sus beneficios, además de sensibilizar a la población sobre el tema. La forma en que se difunden los resultados dependerá del destinatario de la comunicación. Las reuniones entre comunidades, vecinos y actores participantes es la forma más común, también se pueden impartir talleres de intercambio de experiencias, elaborar manuales, guías, infografías o videos.

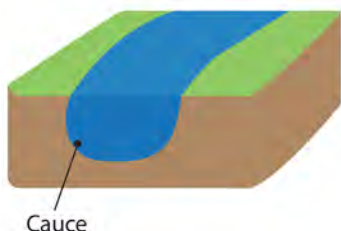


Taller comunitario en proyecto de restauración en Xalapa, Ver., México.
Fotografía: Eloina Viveros.

1.2 Composición del espacio ripario

Para una restauración efectiva de los espacios riparios se deben tomar en cuenta las características de las superficies relacionadas con las inundaciones.

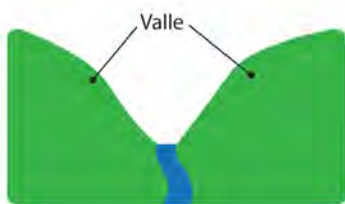
Cauce



Los componentes de estos ambientes inician con el cauce o corrientes de agua que corresponde al núcleo de equilibrio. Las corrientes de agua son de diferentes dimensiones y formas, que varían desde manantiales hasta sustanciales ríos que se desplazan hacia las partes bajas de las colinas y convergen con una o varias corrientes superiores; a lo largo de este gradiente cambian las características ecológicas de un ecosistema ribereño.

Las corrientes de agua por encima del suelo son conocidas como escurrimientos superficiales, donde los escurrimientos más pequeños se consideran de primer orden y al momento de converger con un escurrimiento del mismo orden se le llama de segundo orden y así sucesivamente. Los escurrimientos son pequeños en la cabecera y conforme van descendiendo ganan amplitud, durante el descenso y desarrollo de los escurrimientos hay un cambio de energía cinética, la cual determina los organismos presentes en los tramos de escurrimiento.

Valle fluvial

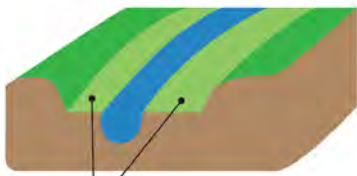


El valle fluvial corresponde a formaciones geomorfológicas que se producen en el curso del cauce. Cada escurrimiento fluye sobre un tronco principal, alimentado por una variedad de ramas, cada una de las cuales fluye por un valle proporcional a su tamaño, y todas ellas juntas forman un sistema de valles, que se comunican unos con otros. La forma de los valles es obra de los escurrimientos que fluyen por ellos y de la naturaleza del terreno, estas formaciones se pueden dividir en dos grandes categorías; valles estrechos o en forma de V y valles anchos de fondo plano, con muchas variantes entre ellos.

Los valles en forma de V tienen paredes casi verticales debido a la erosión vertical de la corriente,

este tipo de valle se caracterizan por corrientes rápidas y se ubican generalmente en las partes altas de la cuenca. Los valles anchos de fondo plano se originan cuando la erosión vertical se hace menos dominante y la energía de la corriente se dirige de un lado a otro, por tanto, se origina un ensanchamiento del valle, este tipo de formaciones son comunes en los cursos medio y bajos de un cauce.

Planicie de inundación o llanura de inundación



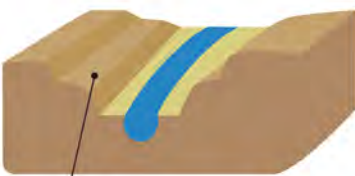
Planicie de inundación

Las planicies de inundación o llanuras de inundación son formaciones aledañas a los cauces de los ríos y están sujetas a inundaciones recurrentes, puede definirse desde diferentes categorías:

- 1) Topográficamente son muy planas y se encuentran al lado de un río.
- 2) Geomorfológicamente es una forma de terreno compuesto primordialmente de material depositado no consolidado, derivada de sedimentos transportados por los escurrimientos.
- 3) Hidrológicamente es una forma de terreno sujeta a inundaciones periódicas por un río.

Las llanuras de inundación no son estáticas ni estables, están compuestas de sedimentos no consolidados, se erosionan rápidamente durante inundaciones y crecidas de agua, o pueden ser el lugar donde se depositen nuevos estratos de lodo, arena y limo. Estas formaciones no son usuales en los canales de las partes altas de la cuenca fluvial, porque los ríos son de poco caudal, las pendientes y la velocidad de profundización son altas y las paredes del valle frecuentemente muestran roca firme sin cobertura.

Terraza fluvial



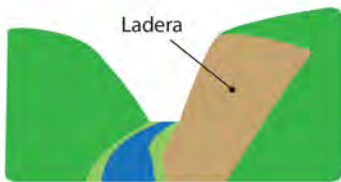
Terraza fluvial

Las terrazas fluviales corresponden a una forma de relieve plano y con pendiente pequeña que ha sido modelada por un río, generalmente sobre sus propios depósitos y está situada sobre el cauce mayor. Una terraza fluvial corresponde a una antigua llanura de inundación. La terraza se forma por la agrandación (sedimentación) en una llanura de inundación y por la posterior erosión vertical del canal. Las terrazas se pueden originar por modificaciones en la posición del nivel de base

para caudales más o menos uniformes, o por fuertes variaciones del caudal en condiciones de estabilidad geomorfológica, por lo tanto, las terrazas se pueden clasificar en:

- 1) Tectónicas, donde los ascensos orogénicos aumentan las pendientes topográficas, favoreciendo la acumulación de acarreo fluvial y gravitacional.
- 2) Eustáticas, estas aparecieron cuando el descenso del nivel del mar en los periodos glaciales produjeron procesos erosivos dominantes en las partes medias y bajas de los cursos fluviales, posteriormente durante los periodos interglaciales, el ascenso del nivel del mar derivó en la acumulación y relleno de los cauces exondados en las glaciaciones.
- 3) Climáticas, estas se originan cuando aumenta el volumen de agua transportada por un río y por ende su capacidad de carga, generalmente en los periodos lluviosos o de deshielos.

Ladera



Las laderas corresponden a las zonas más elevadas en un ambiente ripario, pueden tener un componente erosivo (cerca de la cima), otro de transporte y uno más de depósito (base de la ladera). Los componentes se clasifican según inflexiones en la pendiente y también se correlacionan con los cambios en los procesos superficiales y pedogenéticos (factores de formación y evolución del suelo). En las laderas el agua de escorrentía superficial transita sin cauce fijo y hace que los productos resultantes vayan a parar a los ríos. El control del flujo del agua de las laderas está determinado por el clima, la vegetación y los suelos.

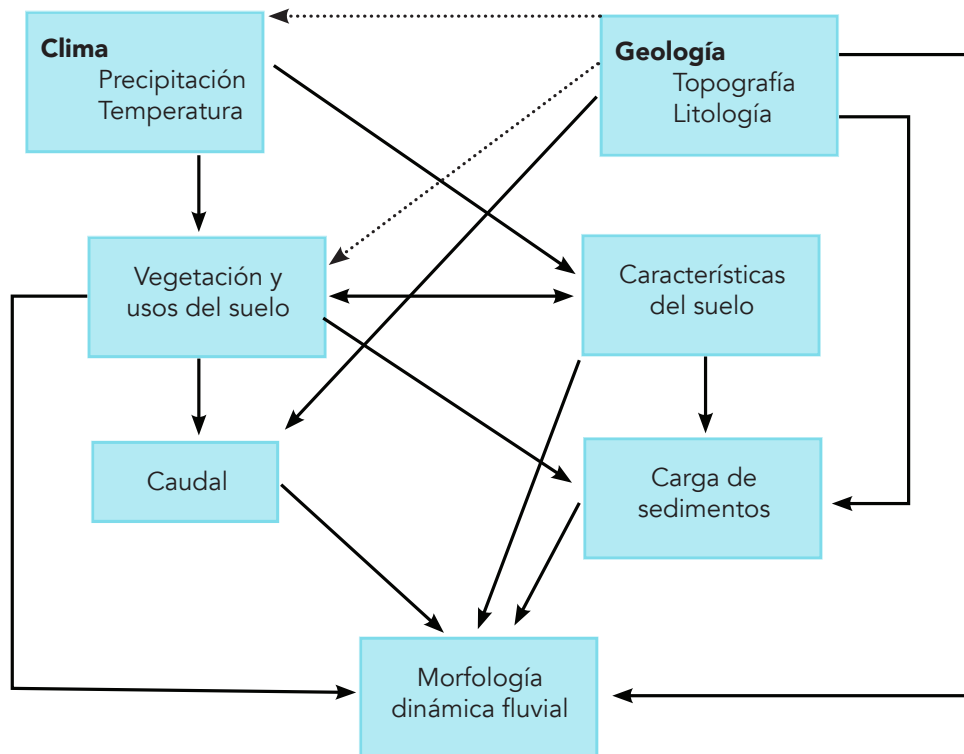
Los componentes principales de una ladera son:

- 1) Cima o cumbre, tiene una posición generalmente estable con un mínimo de erosión o acreción. En esta zona el agua tiende a infiltrarse o correr lentamente.
- 2) Hombro de ladera o escarpe, en este sitio la escorrentía y erosión son máximas, la superficie es inestable y los movimientos en masa son comunes. En esta zona la pendiente es más pronunciada y con ello crece el potencial de escorrentía que provoca procesos erosivos, los perfiles de suelo son delgados con afloramientos rocosos.
- 3) Lomo de ladera, es un sitio de transporte que se ubica entre una zona dominada por la erosión y otra de acumulación. Los movimientos de solifluxión y reptación son característicos de esta zona.

4) Pie de ladera, la mayoría de las formas del relieve son cóncavas, posición que recibe sedimentos y agua, el material es acarreado en suspensión y solución a través del flujo superficial y subsuperficial.

1.3 Aspectos climáticos y geológicos para la restauración riparia

Las características geológicas y climáticas son los factores que dan forma y control a la dinámica fluvial en los espacios riparios. El clima influye en la disponibilidad de agua, tipo de vegetación, escorrentía, erosión y modelado del paisaje, mientras los factores geológicos influyen en el tipo de suelo, composición química del agua y condición de su distribución (subterránea o superficial). La variación de estas características explica las diferencias de estos ambientes en distintas latitudes y biomas, por tanto, conocer el tipo de clima y la geomorfología fluvial es clave para identificar las técnicas y las especies que se pueden utilizar para la restauración de estos espacios.



Factores de la cuenca que determinan la morfología y dinámica del sistema fluvial.
Fuente: Tomando de Elosegui A y Sabater S (eds). (2009).

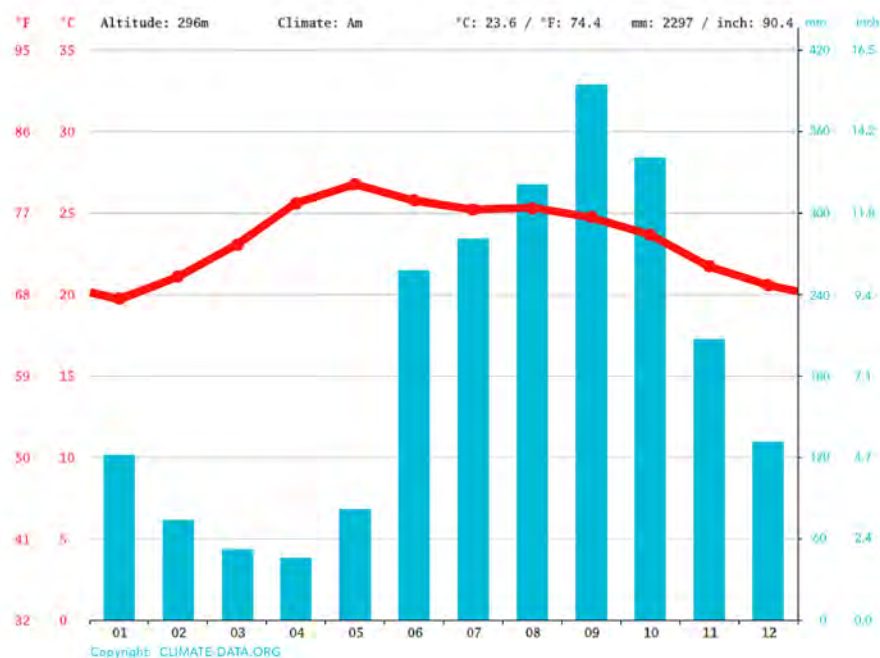
1.3.1 Climas comunes de México

La complicada topografía, las diferencias altitudinales y latitudinales de la República Mexicana se reflejan en un mosaico climático con una gran cantidad de variantes, cuyo estudio y clasificación ha resultado bastante laboriosa. Para una comprensión sencilla, sintetizaremos este complejo mosaico en siete categorías:



Húmedo torrencial

1) Clima cálido húmedo torrencial: se refiere a climas templados y cálidos de carácter húmedo y subhúmedo con lluvias torrenciales en alguna época del año, generalmente en verano. La temperatura media anual se encuentra cerca de los 22 °C. La precipitación anual es de al menos 2,000 mm. La vegetación dominante corresponde a árboles perennes de porte alto. Un ejemplo claro es la selva alta perennifolia en la región de Los Tuxtlas, Veracruz.



Climograma de San Andrés Tuxtla, Veracruz, México.
Imagen: climate-data.org, 2021.



Húmedo de neblina

2) Clima húmedo de neblina: se refiere a climas templados húmedos con lluvias durante todo el año, principalmente en verano. La temperatura media anual oscila entre los 12 y 18 °C, la precipitación media anual se encuentra entre los 1,000 y 2,000 mm. El tipo de vegetación corresponde al bosque mesófilo de montaña o bosque de niebla.

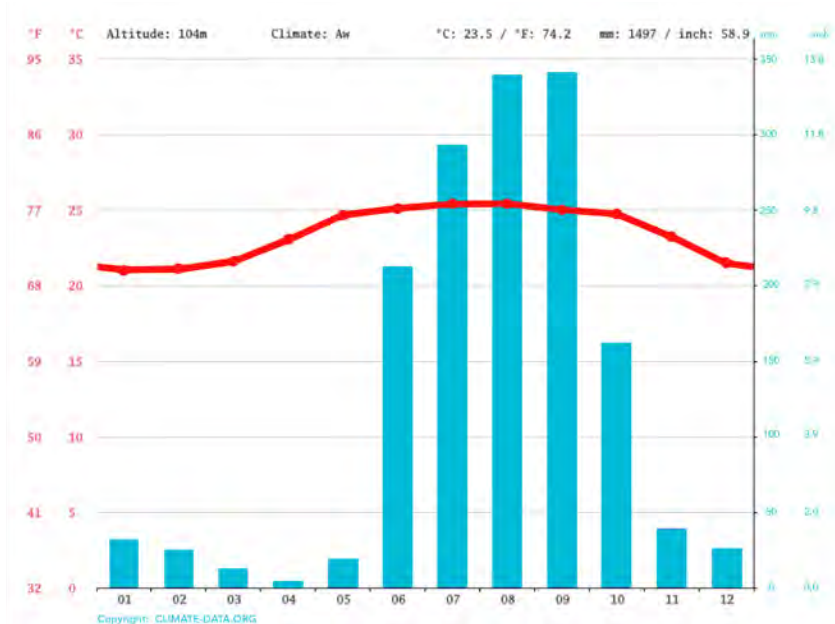


Climograma de Coatepec, Veracruz, México.
Imagen: climate-data.org, 2021.



Cálido seco

3) Clima cálido seco: se refiere a climas de carácter cálido y seco, donde la temperatura media anual se encuentra por encima de los 22 °C y la precipitación oscila entre los 100 y 1,000 mm anualmente. Aquí se desarrollan comunidades arbóreas, subarbóreas y herbáceas que crecen en lugares con precipitación estacional y en donde más del 50% de sus componentes vegetales pierden las hojas durante la época seca del año, el ejemplo típico es la selva baja caducifolia.



Climograma de Pto. Vallarta, Jalisco, México.
Imagen: climate-data.org, 2021.



Seco de altiplano

4) Clima seco de altiplano: es un clima seco estepario con lluvias escasas, la temperatura media anual se encuentra cercana a los 10 °C y una precipitación que oscila entre 0 y 1,000 mm anualmente. La vegetación predominante en estos sitios es el matorral xerófilo.

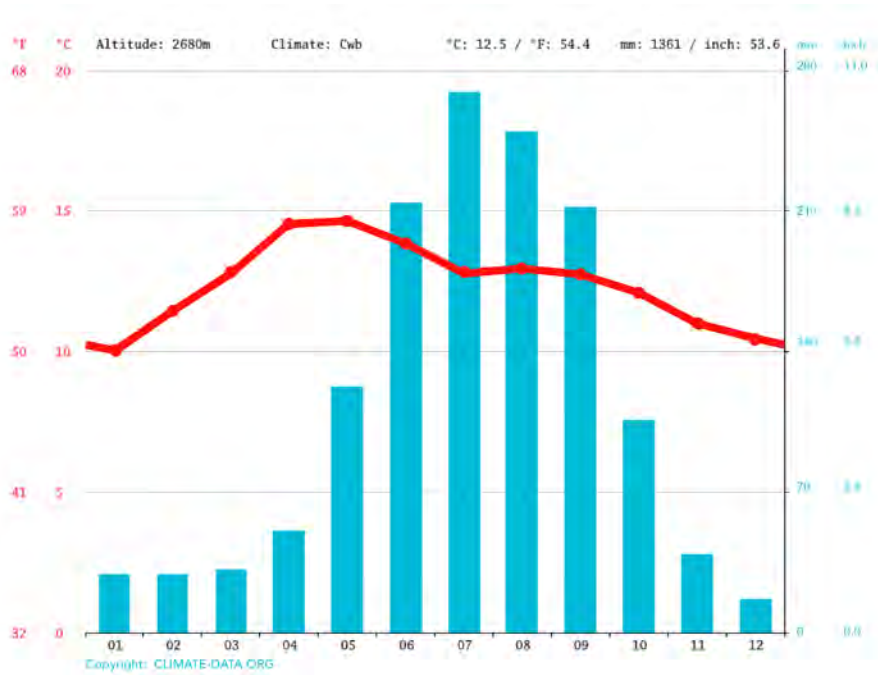


Climograma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
Imagen: climate-data.org, 2021.



Frío de montaña

5) Clima frío de montaña: se trata de climas de carácter frío que se caracterizan por una temperatura media anual de entre 6 y 12 °C o inferior, con precipitaciones anuales de entre 100 y 1000 mm. La vegetación es típica del páramo de altura en las partes altas y bosque de coníferas en las partes más bajas.



Climograma de Toluca de Lerdo, Edo. de México, México.
Imagen: climate-data.org, 2021.



Semidesértico

6) Clima semidesértico: clima de carácter seco con una temperatura media anual de entre 10 y 26 °C, con una precipitación de entre 100 y 600 mm repartida durante todo el año. La vegetación predominante es del tipo desértico y rosetófilo.

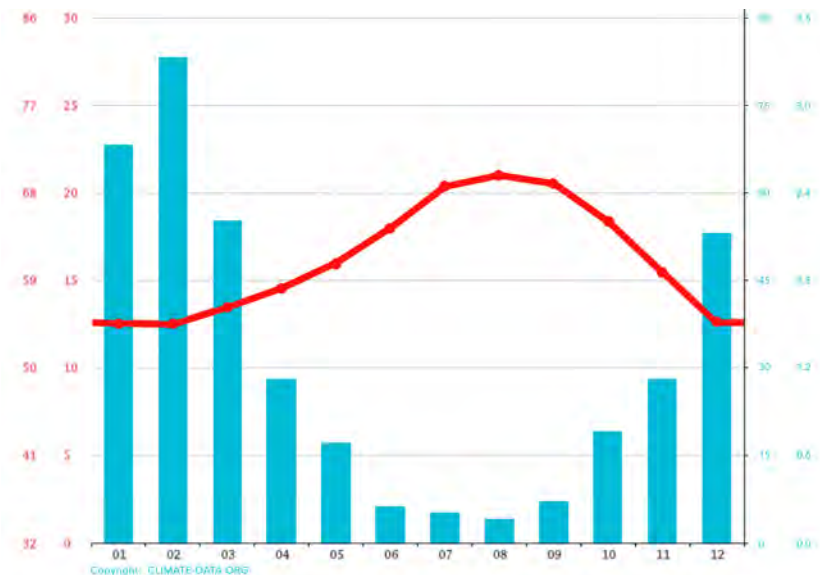


Climograma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.
Imagen: climate-data.org, 2021.



Mediterráneo

7) Clima mediterráneo: es un subtipo de clima templado que se caracteriza por veranos calurosos y secos e inviernos templados y poco lluviosos. La temperatura media anual se encuentra entre los 18 y 22 °C, la precipitación va de 0 a 600 mm al año. La vegetación dominante es el matorral xerófilo, árboles perennes de porte bajo y estratos herbáceos. En la República Mexicana este tipo de clima existe únicamente en Baja California.



Climograma de Tijuana, Baja California, México.
Imagen: climate-data.org, 2021.

1.3.2 Geomorfología y tipos de cauces

La estructura física de los cauces es de las características que más influyen en la dinámica y funcionamiento de los ambientes riparios, pues determina la distribución y abundancia de hábitats a nivel regional, y diversidad de organismos a nivel local.

Cada cauce es un sistema altamente inestable con transporte variable de agua y sedimentos, que favorecen los procesos erosivos del cauce en su lecho y los márgenes, y de depósito en las zonas centrales y laterales. La formación de cada tipo de cauce depende del caudal, la pendiente, capacidad erosiva, tipo de suelo, tipo de vegetación, cambios de uso de suelo y actividades humanas.

Al realizar estudios ecológicos sobre los tipos de cauce es importante considerar que existen diferentes sistemas de clasificación, y que cada uno de ellos aporta información útil de acuerdo al enfoque de la investigación o proyecto que se realiza. Los tipos de cauce se pueden clasificar en función de la corriente, periodo de actividad, sinuosidad, forma-gradiente, estabilidad del cauce y patrones de drenaje, este último será el utilizado en esta guía.

El patrón de drenaje es el resultado de la dinámica fluvial y la deformación tectónica de la superficie terrestre, se desarrolla de manera natural por el sistema de corrientes como resultado de la naturaleza de las rocas subyacentes, los flujos subterráneos, las escorrentías, el tipo de suelo, etc. Los principales tipos de drenaje son:



Drenaje
dendrítico

1) Drenaje dendrítico: cursos pequeños, cortos e irregulares, que andan en todas las direcciones, cubren áreas amplias y llegan al río principal formando cualquier ángulo.



Drenaje
enrejado

2) Drenaje en enrejado o trenzado: las corrientes de primer orden son largas y de trazado recto, siendo a menudo paralelas a un curso principal.



Drenaje rectangular

3) Drenaje rectangular: ocurre cuando entre las corrientes de descarga y el cauce principal se generan ángulos rectos. Se presenta un esquema regular sin paralelismo perfecto, no es necesaria la presencia de tributarios menores, y se presenta una uniformidad entre los ángulos generados (90°).



Drenaje radial

4) Drenaje radial: las pequeñas fuentes de agua salen de un punto central, indicando un punto elevado dentro del paisaje. Es típico de las montañas que terminan en forma de pico definido (por ejemplo: Pico de Orizaba), domos, cerros y volcanes. Presenta un drenaje con alta densidad.



Drenaje anular

5) Drenaje anular: similar al radial pero con menor densidad. Indica, al igual que el anterior, un área con elevación topográfica hacia el centro.



Drenaje paralelo

6) Drenaje paralelo: se presenta cuando varias corrientes se encuentran paralelas entre sí, sin importar el orden o la importancia en el conjunto total.



Drenaje contorsionado

7) Drenaje contorsionado: son aquellos de formas retorcidas donde la dirección del drenaje puede invertirse totalmente, cambiando su rumbo radicalmente.

1.4 Vegetación típica de las orillas de los ríos

1.4.1 Entendiendo la vegetación y el proceso de sucesión

Otro factor clave que debe considerarse en las buenas prácticas de restauración riparia es el tipo de vegetación presente. Los bosques riparios son un componente integral de la cuenca, tienen gran

importancia ecológica y aportan múltiples servicios ecosistémicos, además influyen en la forma del cauce, limitan la erosión de los márgenes, aumentan la complejidad estructural, favorecen la retención de partículas y la creación de nuevos hábitats. Cuando la vegetación ribereña desaparece los ríos se encajan y vuelven más estrechos, aumenta el proceso erosivo, disminuye el nicho de los organismos fluviales, la relación entre el cauce con la llanura de inundación y la calidad del agua.

Cabe mencionar que los beneficios descritos anteriormente no están asegurados por el hecho de contar con vegetación en los márgenes del cauce, sino que se encuentran en función de la composición, estructura y funcionamiento de la comunidad vegetal. Estas características, que varían según el tipo de río, clima y topografía, servirán como indicadores del grado de sucesión secundaria, que a su vez permite seleccionar sitios con aptitud de restauración, especies y técnicas a utilizar. En los proyectos de restauración será necesario identificar “referencias positivas” o los sitios mejor conservados para evaluar el progreso y trayectoria de las intervenciones.



Río con vegetación pionera. Fotografía: Freepik.



Río con vegetación madura.
Fotografía: Gabriela H. Gutiérrez Sosa.

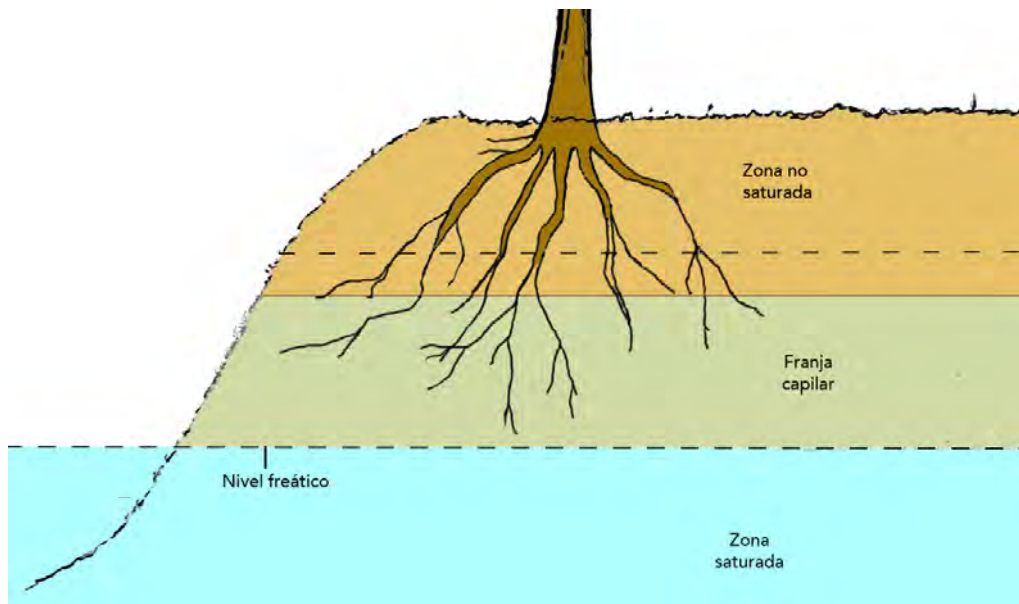
1.4.2 Sistemas de raíces de los árboles riparios

La vegetación riparia se caracteriza por mantener especies vegetales terrestres con tolerancia a la inundación siendo herbáceas, arbustos y árboles principalmente. Sin embargo, los árboles predominan y destacan como galerías distintivas entre la vegetación circundante debido a la asociación que mantienen con el manto freático. Entre los principales árboles de zona riparia podemos encontrar especies perennes como los sauces (*Salix spp.*), alisos (*Alnus spp.*), olmos (*Ulmus spp.*), ahuehuetes (*Taxodium spp.*), hayas (*Platanus spp.*), robles (*Quercus spp.*), chalahuites (*Inga spp.*), amates (*Ficus spp.*), fresnos (*Fraxinus spp.*), entre otros.



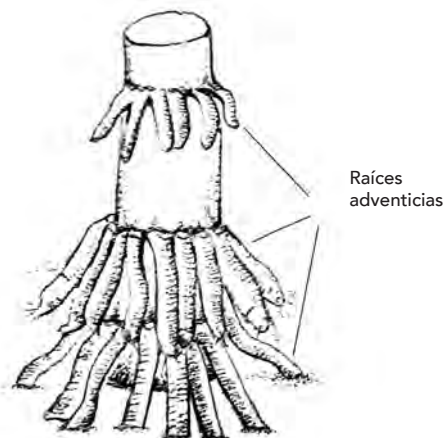
Bosque de galería o ripario con árboles de *Platanus mexicana*.
Fotografía: Omar Trujillo Santos.

Aunque la vegetación riparia cambia de acuerdo al tipo de río y a la ecorregión donde se encuentren, es posible definir ciertas características y adaptaciones importantes asociadas a la raíz. El sistema radicular en general presenta mayor biomasa de raíces gruesas en una profundidad intermedia para el amortiguamiento y prevención de deslizamientos. La parte de menor profundidad se compone de raíces laterales con distribución radial alrededor del tallo del árbol, mientras que la parte de mayor profundidad tiende a desarrollar grandes raíces verticales con un acelerado crecimiento que les permite llegar al agua subterránea del nivel freático y resistir las condiciones anaeróbicas que son frecuentes en los sitios de mayor inundación. Dado que existe una respuesta diferencial respecto a las fluctuaciones del nivel freático y las condiciones de la superficie del suelo en algunas especies se observa una reducción de la biomasa radicular conforme aumenta la profundidad y en otras se extienden grandes raíces superficiales de manera lateral antes de ingresar al suelo.



Esquema de raíces verticales que crecen hasta alcanzar el nivel freático.
Esquema modificado de Tron et. al., 2014.

En algunos casos existen patrones compartidos como en el caso del sistema radicular primario, el cual se ve afectado en longitud, diámetro y biomasa por la falta de oxígeno (hipoxia) durante los periodos de inundación lo que promueve la formación de raíces adventicias, que reemplazan funcionalmente a las raíces primarias que se dañaron. Las raíces adventicias son una adaptación ecológica importante debido a su capacidad de formar canales de aire a través del tejido de aerénquima que permite la difusión del gas y absorción de nutrientes e incluso la absorción del agua para garantizar la supervivencia de la planta. Las raíces adventicias se forman durante el desarrollo embrionario, pero el momento de emergencia de este tipo de raíz depende en gran medida de factores como el estado de desarrollo de la planta y las condiciones de estrés en las que se encuentren.



Esquema de raíces adventicias.



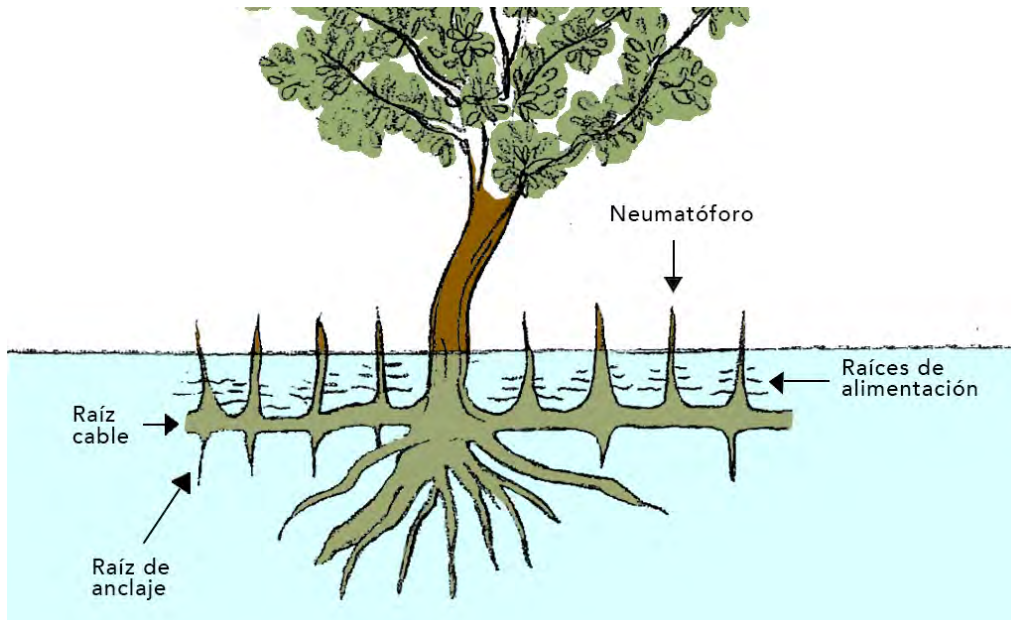
Árbol con raíces de contrafuerte. Fotografía: Freepik.

Otro tipo de raíz presente en estas zonas son las raíces de contrafuerte y zancos que están asociadas a plantas que carecen de raíces profundas en los que el anclaje es difícil, existe un suelo poco sedimentado y en las áreas inclinadas funcionan como estructura estabilizadora para el sistema.



Raíces de zancos características de algunas especies de mangle. Foto: Freepik.

En algunas especies riparias se observan neumatóforos que son raíces especializadas con geotropismo negativo y crecimiento externo al agua que se desarrollan como órganos ascendentes a manera de lenticelas sobre la superficie que permite el flujo del oxígeno a través de toda la planta.



Neumatóforos, un tipo de raíz especializado de las plantas expuestas a largos periodos de inundación como los mangles.
Esquema modificado de Anly DG, 2018



Neumatóforos. Foto: Freepik.

En otras raíces ocurre un aumento en la porosidad, mediante espacios intercelulares que mejoran el suministro de oxígeno y previenen las condiciones de hipoxia gracias al aerénquima presente en la corteza. La condición hipóxica inducida por inundaciones promueve un mayor diámetro en las raíces debido a una corteza más gruesa. Asimismo, el área ocupada por la estela es menor, lo que sugiere que ambas características son variables en la adaptabilidad a condiciones de inundación.

Las características de las raíces dependen de la especie vegetal, la edad, las propiedades del suelo y el medio ambiente; la profundidad de las raíces generalmente no supera los 5 m en árboles grandes, 2 m en los arbustos y 30 cm en pastos; la extensión lateral del sistema radicular generalmente es mayor que su profundidad y, en algunos casos, superan los 50 m de longitud (Downs et al, 2010).

1.4.3 Formas de dispersión de semillas y propágulos de la vegetación riparia

La reproducción en las plantas de ambientes riparios se caracteriza por equilibrar la reproducción sexual y asexual, la cantidad, el tipo y tamaño de la semilla o propágulo, la latencia, la temporada y el mecanismo de dispersión para asegurar la humedad de los semilleros de germinación, el éxito reproductivo y la colonización de nuevos sitios.

El mecanismo de dispersión en ambientes riparios es un proceso dinámico que se vale principalmente del agua (hidrocoría) y en menor proporción del viento (anemocoría) y los animales (zoocoría) los cuales también contribuyen a moldear la estructura de la flora ribereña y pueden ayudar a explicar ciertos patrones de distribución en las especies.

La hidrocoría es el mecanismo más ventajoso para las plantas situadas en las orillas del cauce ya que puede dispersar propágulos vegetativos y generativos a grandes distancias gracias al movimiento natural de su cauce. Además de evitar la desecación y mantener la viabilidad de los propágulos también aumenta la probabilidad de que sean depositados en sitios adecuados para su germinación. Aunque se le considera el medio de transporte inicial, depende del régimen hidrológico para establecer las zonas adecuadas de deposición, ya que la variación en el nivel del agua durante la temporada de dispersión puede removilizar y dispersar un alto número de propágulos que pudieran quedar atrapados cuando el nivel del agua es bajo y propiciar la colonización de nuevos sitios. Las características propias de la semilla son determinantes para asegurar el éxito reproductivo aún después del transporte a través del agua.



Propágulo o semilla de mangle negro cuya dispersión es hidrocora.
Fotografía: mountainamoeba, tomada de Flickr.



Semillas de diferentes especies con diferentes tipos de dispersión.
Fotografía: Red de Viveros de Biodiversidad.

La zoocoría en estos ambientes es realizada por peces y aves principalmente. En los peces la dispersión ocurre gracias a la ingesta de semillas relativamente grandes que no flotan pero que contienen una fuente de nutrientes importantes en el pericarpio. Después de la ingesta, estos peces se mueven y excretan las semillas casi intactas promoviendo la dispersión a sitios río arriba a los cuales no tendrían acceso de otra manera. Otros animales que contribuyen al movimiento de las semillas a grandes distancias son las aves, ya que al utilizar los corredores riparios como sitios de descanso, anidamiento y alimentación, promueven la dispersión de semillas entre los fragmentos ubicados en el margen del cause, estos suelen quedar aislados entre sí provocando efectos de borde donde muchas especies de aves tiene la capacidad de desplazarse. La diseminación ocurre cuando las aves ingieren frutos de las copas de los árboles, estas de no ser comidas caerían al suelo y su dispersión se vería reducida al pie del árbol padre. Una vez que son ingeridas, el proceso de digestión comienza y permite que ciertas enzimas inicien el proceso de germinación que se verá realizado cuando el ave excrete sobre otro árbol dentro del mismo corredor o en árboles de otros fragmentos de bosque ripario. Aumentando el flujo genético y la tasa de germinación.



Semilla dispersada por ave. Fotografía: Freepik.

Finalmente tenemos el mecanismo de anemocoría, este tipo de ecosistemas se ve fuertemente influenciado por la turbulencia y los patrones de velocidad del viento, esto junto con el movimiento fluvial y las características morfológicas propias de los propágulos, permitirá que estos se muevan de manera efectiva. Entre las principales características que resaltan de este tipo de semillas, está la consistencia seca, el tamaño pequeño, peso liviano y la presencia de estructuras aladas, expansiones y pelos.

2. COMPENDIO DE FICHAS TÉCNICAS PARA LA RESTAURACIÓN RIPARIA

2.1 ¿CÓMO USARESTAS FICHAS?

Título del compendio de fichas

Organizaciones responsables de la elaboración de estas fichas

Nombre de la técnica

Esquema general de la técnica

Principales zonas bioclimáticas en donde es viable aplicar esta técnica

Principales tipos de redes hidrológicas que permiten aplicar la técnica

Descripción general de la técnica

Referencia de costos para elaboración de la técnica

Principales geoformas en donde puede aplicarse la técnica

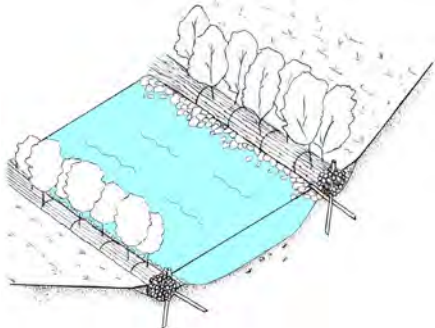
Sitios web de organizaciones responsables de la elaboración de estas fichas

Número de página

Técnicas de restauración riparia

CityAdapt | RED DE VIVEROS DE BIODIVERSIDAD

2.3 Fajina



Descripción

Técnica de estabilización del margen de las riberas que consiste en la elaboración de un rollo de ramas de especies leñosas nativas con capacidad de rebrotar, que se utiliza para la protección del pie de la margen o como elemento de relleno de las estructuras de madera o como base de la estera de ramaje. En ámbito fluvial se emplea para reconstruir la primera línea de plantas flexibles. El desarrollo de la vegetación es rápido, en 1-2 años los efectos de refuerzo de la vegetación son completos.

Costos

Metro de fajina: 29.7 USD/m. De lo cual a mano de obra corresponde el 51% y materiales y resto de obra 49%. Costo en el año 2018.

Técnica de fajina.

Zonas bioclimáticas

- Cálido seco
- Seco de altiplano
- Semidesértico
- Mediterráneo

Tipos de redes hidrológicas

- Drenaje dendrítico
- Drenaje enrejado
- Drenaje paralelo

Geoformas

- Valle
- Plano de inundación

www.cityadapt.com / www.revivemx.org

52

¿CÓMO USAR ESTAS FICHAS?

Título del compendio de fichas

Técnica descrita

Técnicas de restauración riparia

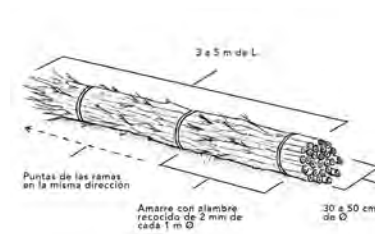
Fajina

Materiales

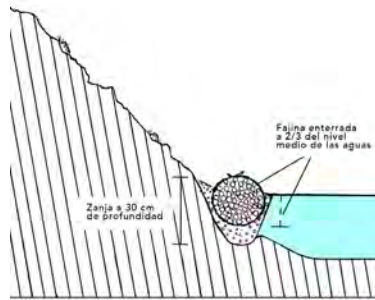
- 1) Ramas flexibles, rectas y con yemas de crecimiento activas, con longitud de 1.5 a 2 m y diámetro de entre 2 y 4 cm.
- 2) Fajina con anchura de entre 30 y 50 cm.
- 3) Estacas de madera muerta de 1 m o más y diámetro de 7 a 10 cm.
- 4) Alambre recocido de 2 mm de diámetro para atar entre sí las estacas de madera.

Método

- 1) La fajina se construye entrelazando las ramas unas con otras desde la base, de manera que se formen rollos de unos 30-50 cm de diámetro y de 3-5 m de longitud, luego se amarran con alambre a cada metro. Las puntas de las ramas deben quedar siempre en la misma dirección.
- 2) Excavar al pie del margen una pequeña zanja de 30 cm de profundidad y se coloca la fajina, de manera que 2/3 de la misma quede enterrada, a nivel medio de las aguas.
- 3) Fijar la fajina al terreno mediante estacas de madera, colocándolas a una distancia entre sí de 80 cm a 1 metro.
- 4) En la base de la fajina colocar piedras de distinto tamaño como elemento de protección.



Ejemplo de armado de fajina.



Fajina viva lista para colocarse.

Materiales sugeridos para elaborar la técnica

Pasos para elaborar la técnica

Esquemas para identificar algunos procesos en la elaboración de la técnica

www.cityadapt.com / www.revivemx.org

53

Sitios web de organizaciones responsables de la elaboración de estas fichas

Número de página

¿CÓMO USAR ESTAS FICHAS?

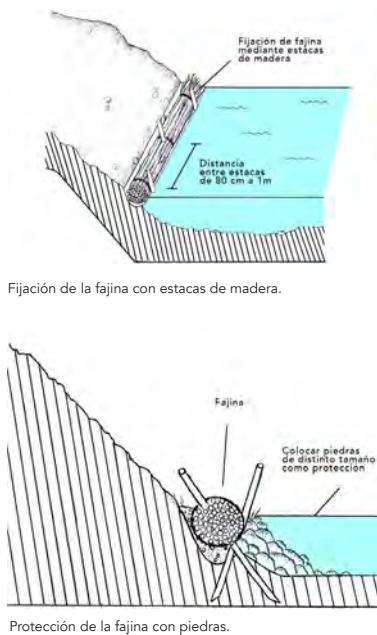
Título del compendio de fichas

Técnica descrita

Técnicas de restauración riparia

Fajina

Esquemas para identificar algunos procesos en la elaboración de la técnica



Fijación de la fajina con estacas de madera.

Protección de la fajina con piedras.

Plantas recomendadas

Especies nativas con capacidad de producir raíces adventicias.

Cómo citar:

2) REVIVE. 2021. Fajina. En: 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 de técnicas para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. XX-XXpp

Especies de plantas útiles para realizar la técnica

Cita de la ficha técnica de forma individual

Fuentes consultadas

Referencias

Sangalli Paola, 2019. Bioingeniería fluvial. Manual técnico para el ámbito cantábrico-Proyecto H2O Gurea. Gestión Ambiental de Navarra S. A.

Helgard Zeh, 2007. Ingeniería Biológica, Manual Técnico, Federación Europea de Ingeniería del Paisaje, Zürich, Alemania.



Organizaciones responsables de la elaboración de estas fichas

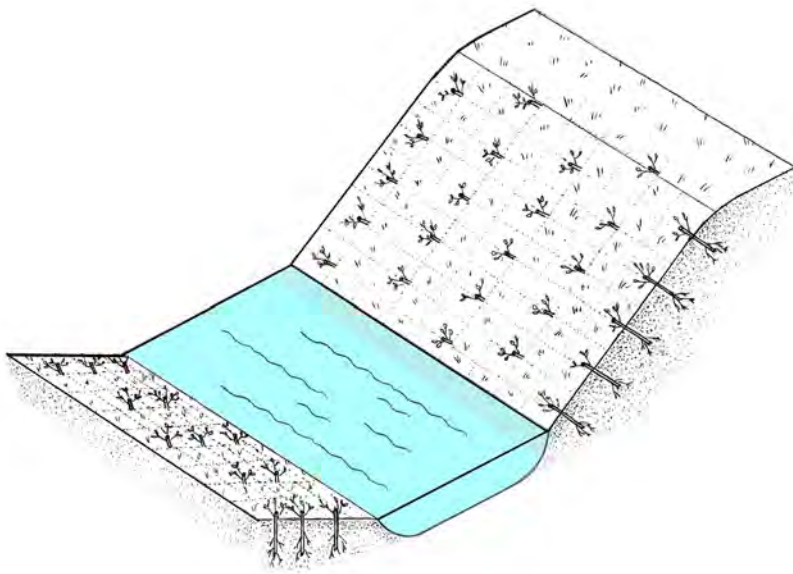
www.cityadapt.com / www.revivemx.org

54

Sitios web de organizaciones responsables de la elaboración de estas fichas

Número de página

2.2 Estaquillado



Descripción

Consiste en la siembra de estacas vivas en el margen, con el objeto de evitar la erosión cuando las estacas rebroten y se enraícen. Las estacas deben ser de especies leñosas nativas con capacidad de rebrotar. Esta técnica se usa sola o combinada con otras técnicas de bioingeniería. Se emplea en taludes de pendiente limitada, márgenes de ríos y lagos como elemento de revegetación. En ámbito fluvial se emplea para reconstruir la primera línea de plantas flexibles como salicáceas o similares.

Técnica de estaquillado.

Zonas bioclimáticas



Costos

Metro cuadrado de estabilización de talud mediante estacas leñosas: 2.7 USD, (costo en el año 2018), de lo cual mano de obra corresponde al 51% y materiales y resto de obra 49%.

Tipos de redes hidrológicas



Geoformas



Técnicas de restauración riparia

Materiales

- 1) Estacas vivas con diámetro de 3-7 cm y 50-150 cm de longitud.
- 2) Dos yemas deben ir enterradas y por lo menos una en la parte aérea.
- 3) Mallas orgánicas de coco con una densidad de 700 g/m.
- 4) Grapas de acero corrugado para sujetar la malla al suelo.

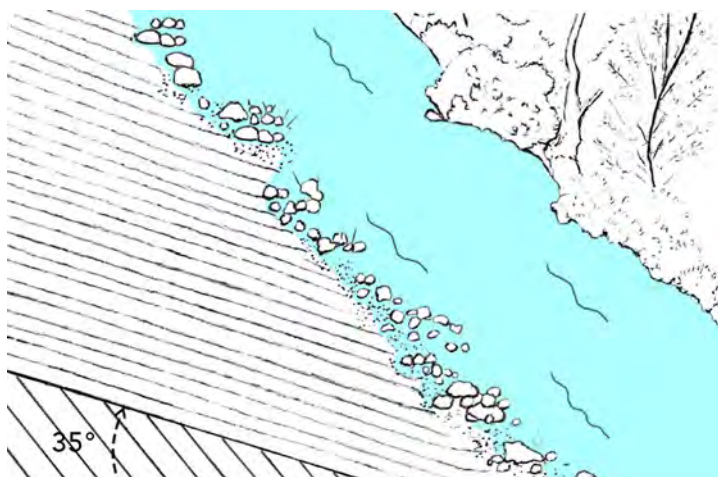
Método

- 1) Preparar las estacas el mismo día que se van a sembrar. Se corta el extremo basal en diagonal y el extremo superior recto, de manera que pueda distinguirse el sentido de las yemas.

- 2) Se debe elegir bien el nivel en el que se van a colocar las estacas el cual debe ser por arriba del nivel del caudal medio.

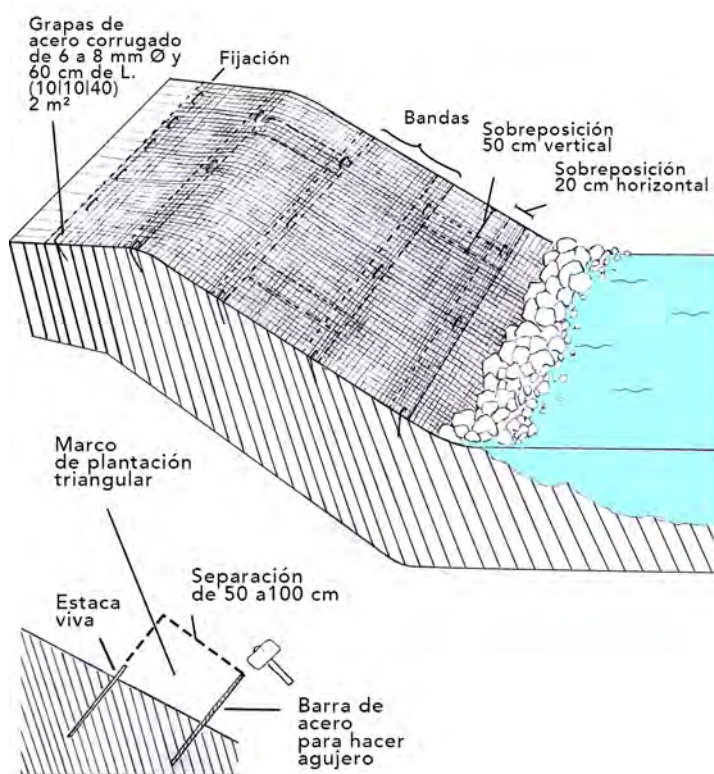
- 3) Si es necesario hay que limpiar el terreno y en una obra nueva se debe dar una inclinación de 35°.

- 4) En el caso de usar geotextil, se coloca primero la malla de coco, posteriormente se hacen agujeros con una barra de acero y se clavan las estacas con ayuda de un mazo de madera. La malla se coloca en bandas paralelas al sentido de la corriente, comenzando desde la base del margen. La banda superior se coloca sobre la inferior, la sobreposición debe ser mínimo de 20 cm entre bandas horizontales y de 50 cm en la sobreposiciones verticales. Los extremos de los rollos se sobreponen en el sentido de la corriente. La sujeción es con grapas metálicas de acero corrugado de 60 cm de longitud y de 6-8 mm de diámetro. Se colocan dos por m².



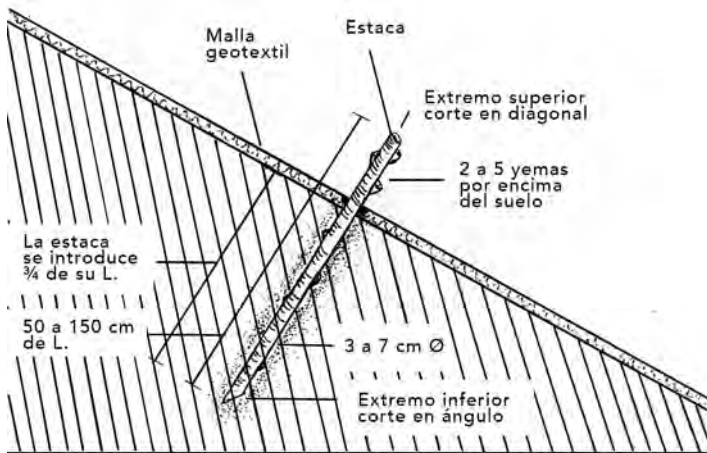
Limpieza y preparación del terreno.

- 5) A las estacas ya plantadas se les cortan los extremos superiores en diagonal procurando dejar por lo menos un par de yemas en el exterior.

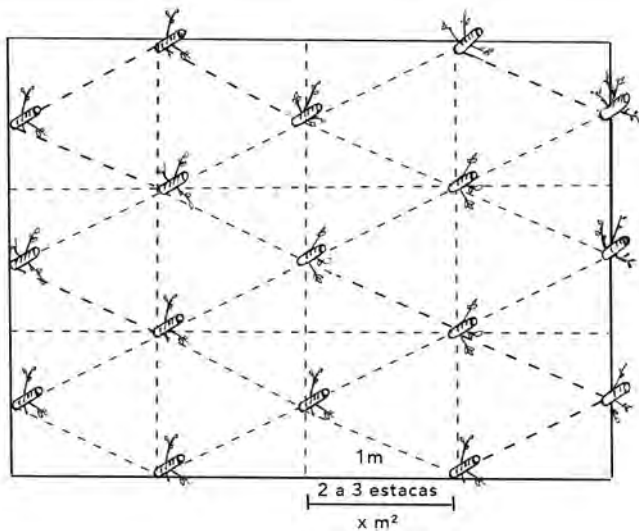


Colocación de la malla de coco.

Técnicas de restauración riparia



Corte los extremos de las estacas en diagonal.



Ejemplo de la densidad de siembra de estacas.

Método

- 6) La densidad debe ser de 2 a 3 estacas por m².
- 7) Si es necesario hay que regar después de la siembra.

Plantas recomendadas

Especies nativas con capacidad de producir raíces adventicias, y árboles con raíces profundas que logren retener el suelo en el largo plazo.

Cómo citar:

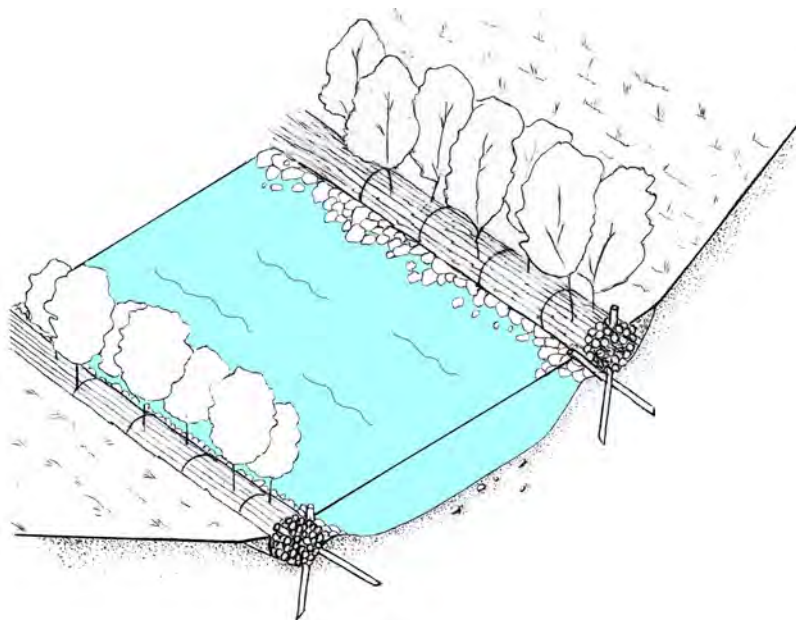
- 1) REVIVE. 2021. Estaquillado. En: Ramírez-Soto AF, García-Valencia A, Trujillo-Santos O, Sheseña-Hernández IM, Gutiérrez-Sosa G, Contreras-Huerta I, Macías-Ruiz K, Aguilar-Bernal AS y Hernández-Soto M. 2021. Guía de técnicas para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 49-51pp

Referencias

Sangalli Paola, 2019. Bioingeniería fluvial. Manual técnico para el ámbito cantábrico-Proyecto H2O Gurea. Gestión Ambiental de Navarra S. A.

Helgard Zeh, 2007. Ingeniería Biológica, Manual Técnico, Federación Europea de Ingeniería del Paisaje, Zürich, Alemania.

2.3 Fajina



Técnica de fajina.

Descripción

Técnica de estabilización del margen de las riberas que consiste en la elaboración de un rollo de ramas de especies leñosas nativas con capacidad de rebrotar, que se utiliza para la protección del pie de la margen o como elemento de relleno de las estructuras de madera o como base de la estera de ramaje. En ámbito fluvial se emplea para reconstruir la primera línea de plantas flexibles. El desarrollo de la vegetación es rápido, en 1-2 años los efectos de refuerzo de la vegetación son completos.

Zonas bioclimáticas



Cálido
seco



Seco de
altiplano



Semidesértico



Mediterráneo

Costos

Metro de fajina: 29.7 USD/m, de lo cual a mano de obra le corresponde el 51% y materiales y resto de obra 49%. Costo en el año 2018.

Tipos de redes hidrológicas



Drenaje
dendrítico



Drenaje
enrejado



Drenaje
paralelo

Geoformas



Valle

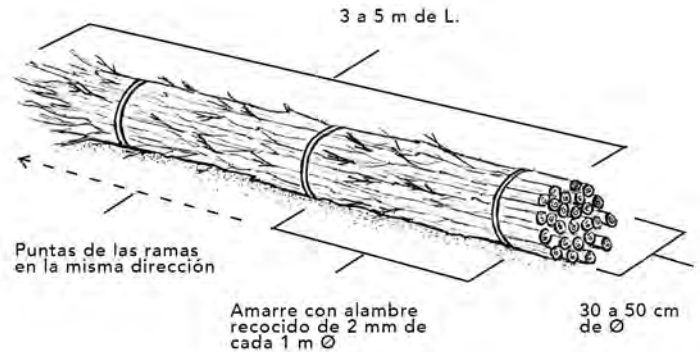


Plano de
inundación

Técnicas de restauración riparia

Materiales

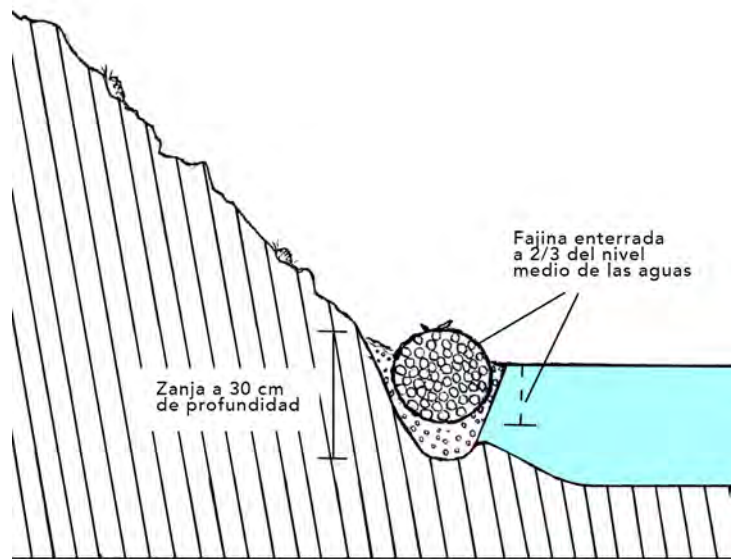
- 1) Ramas flexibles, rectas y con yemas de crecimiento activas, con longitud de 1.5 a 2 m y diámetro de entre 2 y 4 cm.
- 2) Fajina con anchura de entre 30 y 50 cm.
- 3) Estacas de madera muerta de 1 m o más y diámetro de 7 a 10 cm.
- 4) Alambre recocado de 2 mm de diámetro para atar entre sí las estacas de madera.



Ejemplo de armado de fajina.

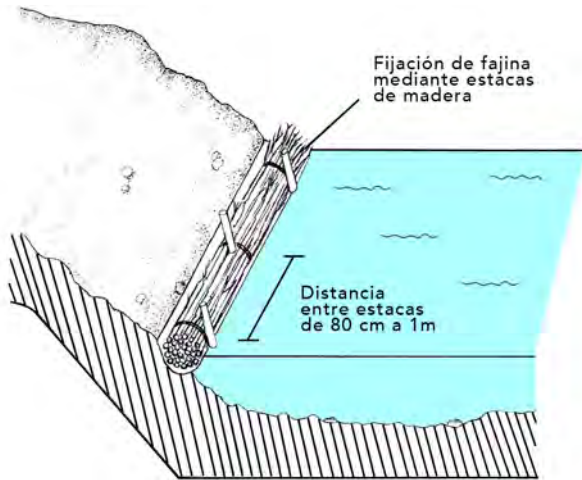
Método

- 1) La fajina se construye entrelazando las ramas unas con otras desde la base, de manera que se formen rollos de unos 30-50 cm de diámetro y de 3-5 m de longitud, luego se amarran con alambre a cada metro. Las puntas de las ramas deben quedar siempre en la misma dirección.
- 2) Excavar al pie del margen una pequeña zanja de 30 cm de profundidad y se coloca la fajina, de manera que 2/3 de la misma quede enterrada, a nivel medio de las aguas.
- 3) Fijar la fajina al terreno mediante estacas de madera, colocándolas a una distancia entre sí de 80 cm a 1 metro.
- 4) En la base de la fajina colocar piedras de distinto tamaño como elemento de protección.

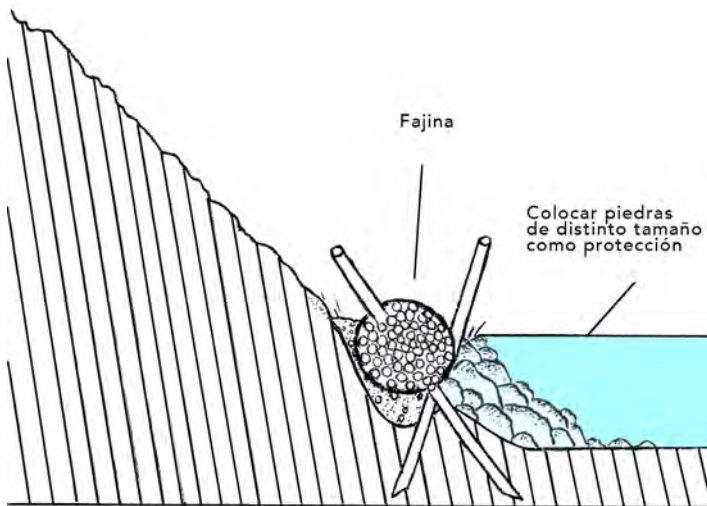


Fajina viva lista para colocarse.

Técnicas de restauración riparia



Fijación de la fajina con estacas de madera.



Protección de la fajina con piedras.

Plantas recomendadas

Especies nativas con capacidad de producir raíces adventicias.

Cómo citar:

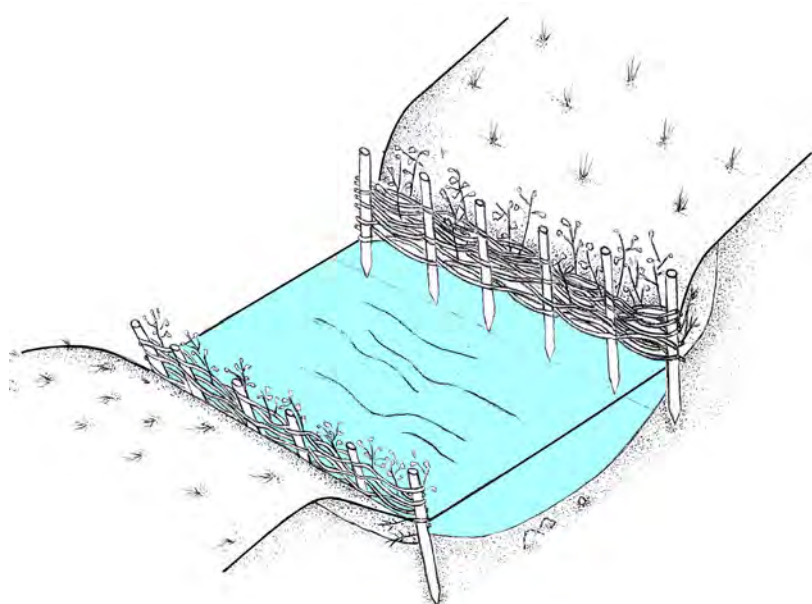
2) REVIVE. 2021. Fajina. En: Ramírez-Soto AF, García-Valencia A, Trujillo-Santos O, Sheseña-Hernández IM, Gutiérrez-Sosa G, Contreras-Huerta I, Macías-Ruiz K, Aguilar-Bernal AS y Hernández-Soto M. 2021. Guía de técnicas para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 52-54pp

Referencias

Sangalli Paola, 2019. Bioingeniería fluvial. Manual técnico para el ámbito cantábrico-Proyecto H2O Gurea. Gestión Ambiental de Navarra S. A.

Helgard Zeh, 2007. Ingeniería Biológica, Manual Técnico, Federación Europea de Ingeniería del Paisaje, Zürich, Alemania.

2.4 Trenzado de mimbre



Descripción

Consiste en el entrelazado de ramas flexibles de especies con capacidad de rebrotar, colocadas alrededor de estacas de madera. Se coloca siguiendo el contorno del margen fluvial. Permite una rápida retención del material superficial de la pendiente y su estabilización, al trenzarse en varias capas. La disposición de los trenzados de ramas puede ser en filas horizontales. Se aplica en cursos de agua con velocidad de la corriente media-baja y transporte de sólidos reducido.

Técnica de trenzado de mimbre.

Zonas bioclimáticas



Costos

Metro lineal de trenzado de mimbre: 39 USD/m, de lo cual a mano de obra le corresponde el 65%, materiales y resto de obra 35%. Costo en 2018.

Tipos de redes hidrológicas



Geoformas



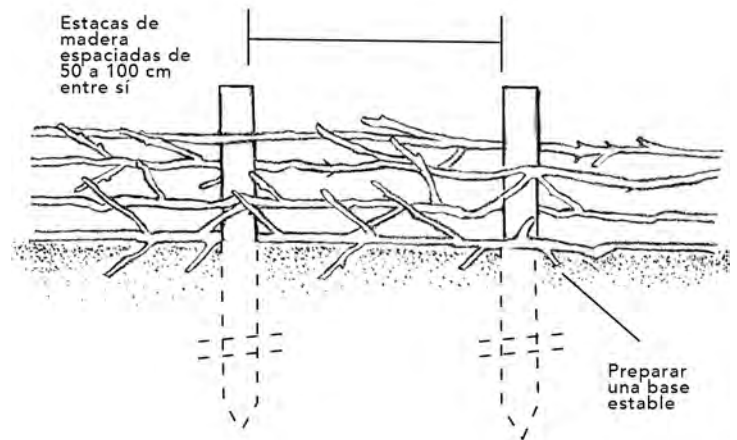
Técnicas de restauración riparia

Materiales

- 1) Ramas de sauce o especies afines, de 1.5 m de longitud o más y diámetros de 1 a 3 cm, flexibles.
- 2) Estacas de 1.5 m de longitud o más y diámetro de 6 a 10 cm.
- 3) Alambre recocado de 2 mm de diámetro.

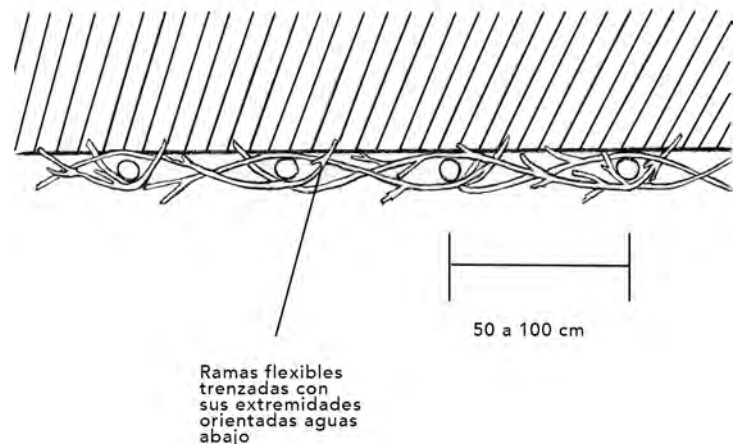
Método

- 1) Preparar una base estable, enterrar una hilera de estacas de madera espaciadas a unos 50 a 100 cm entre sí.
- 2) Con objeto de evitar erosión debajo de la estructura, se pueden colocar ramas sin capacidad de rebrotar, de 70 cm de longitud y de 0.5-1.5 cm de diámetro, colocadas perpendicularmente al margen fluvial. Estas actúan disipando la energía de manera local y evitando la erosión del margen.
- 3) Trenzar las ramas de sauce vivo u otras especies flexibles, de manera que las extremidades de las ramas se orienten aguas abajo, partiendo siempre desde la parte interior de la estaca.
- 4) Trenzar a razón de 10-12 ramas por metro lineal, procurando compactar las hileras hacia el fondo para conseguir una estructura densa y compacta, el extremo inicial de cada rama debe estar bien hundido y en contacto con el material del lecho para que pueda enraizar.
- 5) Las ramas se amarran con alambre a las estacas de madera.



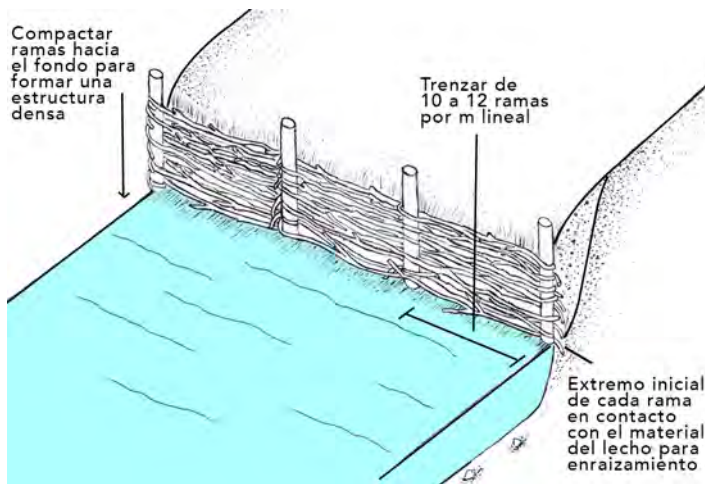
Colocación de estacas de madera.

- 6) Rellenar con tierra vegetal la parte interior de la obra, de manera que las ramas queden en contacto directo con la tierra para favorecer su enraizamiento.

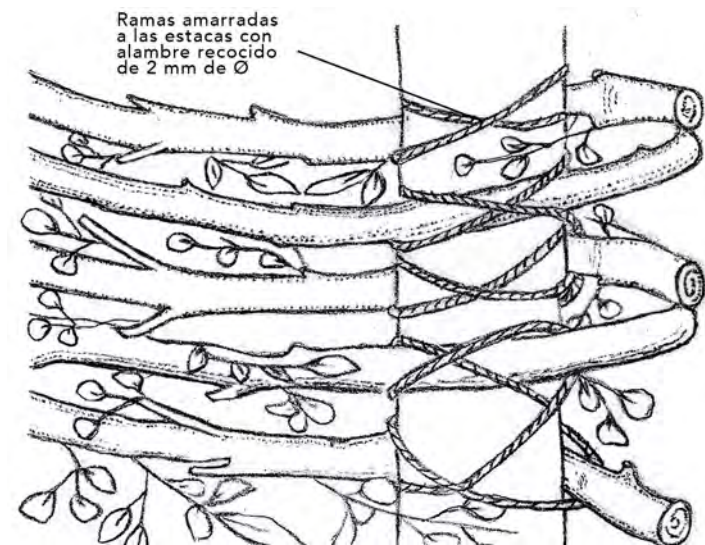


Trenzado de ramas sobre las estacas.

Técnicas de restauración riparia



Trenzado de ramas.



Atado de ramas en las estacas.

Plantas recomendadas

Sauces o especies nativas con capacidad de producir raíces adventicias.

Cómo citar:

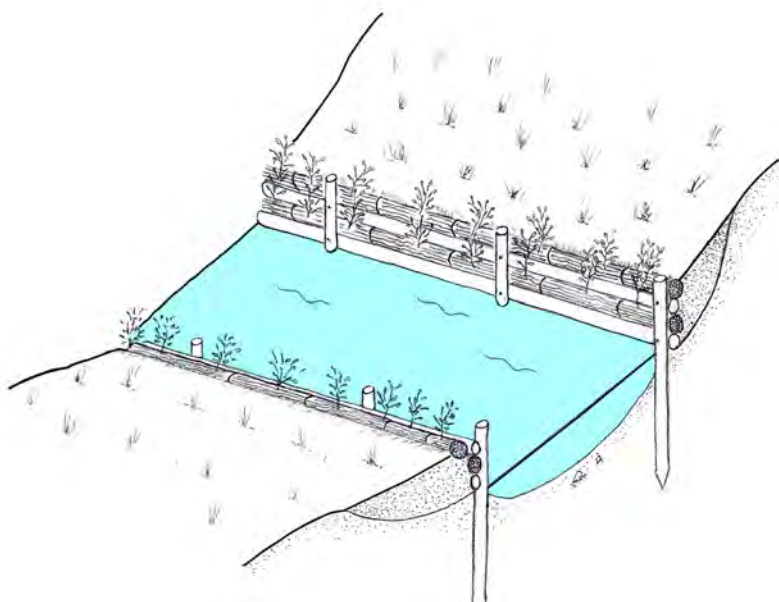
3) REVIVE. 2021. Trenzado de mimbre. En: Ramírez-Soto AF, García-Valencia A, Trujillo-Santos O, Sheseña-Hernández IM, Gutiérrez-Sosa G, Contreras-Huerta I, Macías-Ruiz K, Aguilar-Bernal AS y Hernández-Soto M. 2021. Guía de técnicas para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 55-57pp

Referencias

Sangalli Paola, 2019. Bioingeniería fluvial. Manual técnico para el ámbito cantábrico-Proyecto H2O Gurea. Gestión Ambiental de Navarra S. A.

Helgard Zeh, 2007. Ingeniería Biológica, Manual Técnico, Federación Europea de Ingeniería del Paisaje, Zürich, Alemania.

2.5 Empalizada viva de madera



Descripción

Técnica mixta de estabilización de taludes y márgenes. Se utiliza para la contención de las capas superficiales de suelos inestables. La estructura de la empalizada viva comprende una serie de troncos dispuestos horizontalmente unidos a troncos verticales clavados en el terreno con una profundidad de 1.5 a 2 m y colocados a una distancia aproximada de 80 a 100 cm. Esta estructura se rellena con fajas vivas y estacas vivas en los niveles superiores, al nivel del caudal medio y con piedra en los estratos inferiores.

Técnica de empalizada viva de madera.

Zonas bioclimáticas



Húmedo torrencial



Húmedo de neblina



Seco de altiplano



Mediterráneo

Costos

Metro de empalizada viva: 108 USD/m, del cual a mano de obra le corresponde el 64%, maquinaria 34%, materiales y resto de obra 2%. Costo año 2021.

Tipos de redes hidrológicas



Drenaje anular



Drenaje radial



Drenaje paralelo

Geoformas



Valle



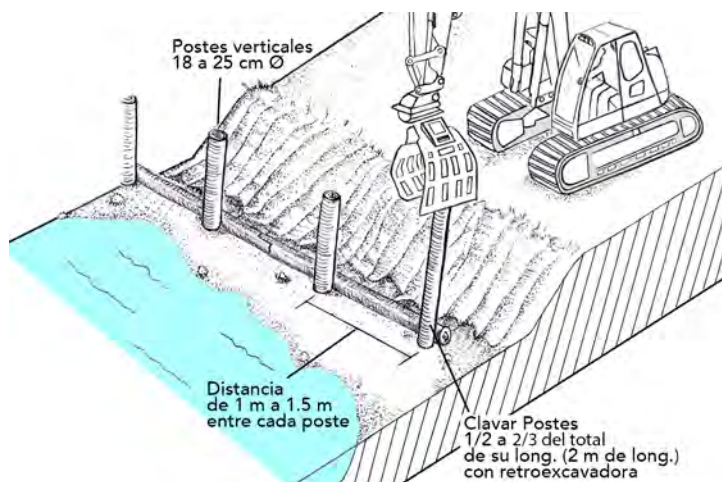
Plano de inundación

Materiales

- 1) Troncos descortezados de 14-20 cm de diámetro y 2-5 m de longitud.
- 2) Clavos de acero corrugado de 10 mm.
- 3) Estacas de acero galvanizado de 14-20 cm de diámetro y de 1.5-2 m de longitud.
- 4) Alambre recocido de 2-3 mm.
- 5) Tierra de la obra.
- 6) Piedras de 15-20 cm de diámetro para rellenar las zonas por debajo del nivel del caudal medio.
- 7) Fajinas vivas.
- 8) Estacas.
- 9) Manta orgánica.

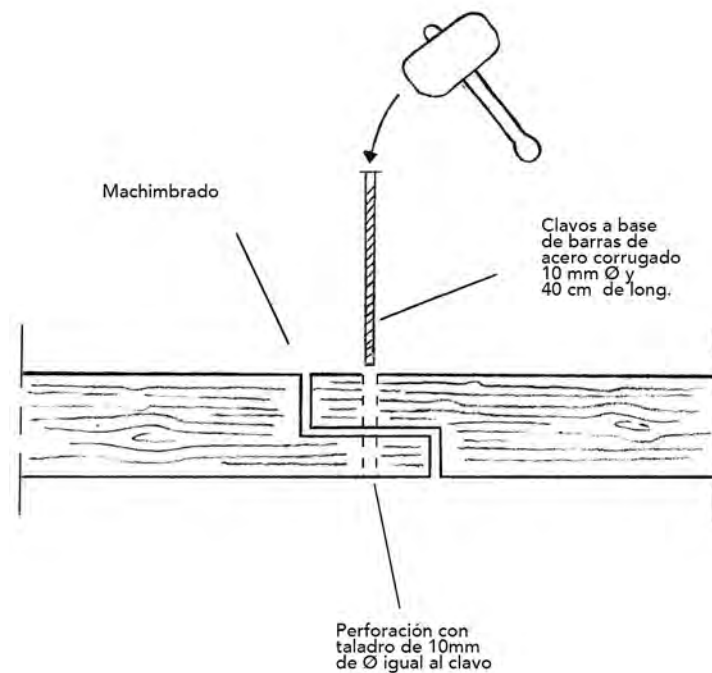
Método

- 1) Realizar el reperfilado del talud o ladera.
- 2) Clavar los postes verticales en el lecho, a una distancia de 1 m o 1.5 m entre ellos, se clavan 1/2 a 2/3 del total de su longitud con una retroexcavadora.
- 3) Una vez puestos los troncos verticales, colocar detrás la primera hilera de troncos horizontales clavándolos con los verticales, luego se rellena la base de la estructura con piedras, tierra y grava.
- 4) Fijar los troncos contiguos de cada fila con clavos a base de barras de acero corrugado de 10 mm de diámetro y de 40 cm de longitud.
- 5) Colocar las fajinas y rellenar con tierra, también se pueden colocar estacas transversales.

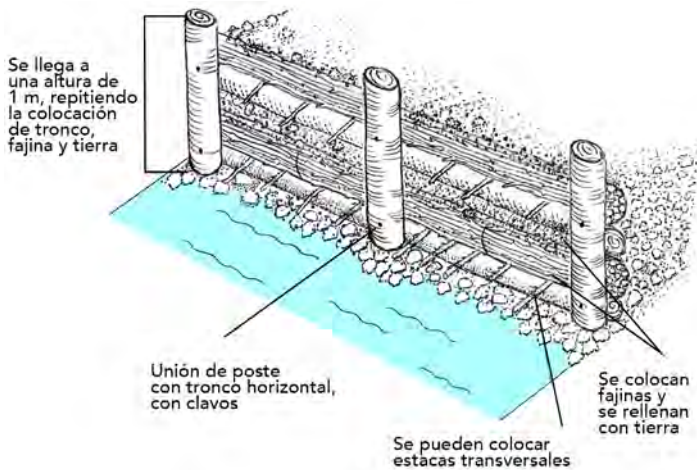


Colocación de troncos verticales.

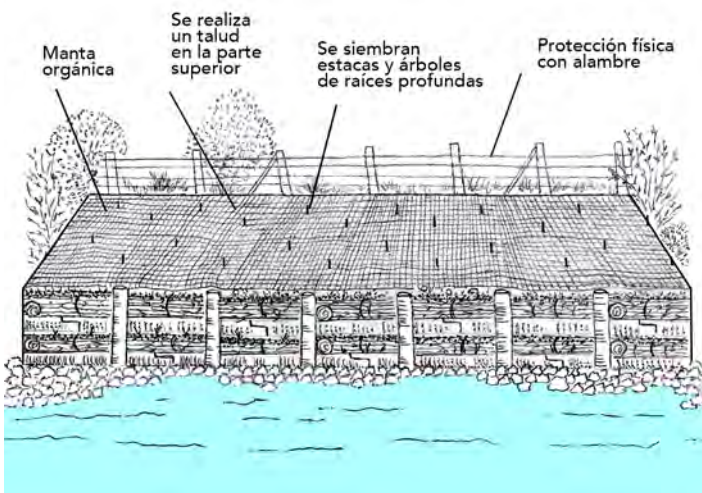
- 6) Repetir los pasos 3 y 5 llegando a una altura de 1 m.
- 7) Realizar un talud en la parte superior, colocar la manta orgánica, sembrar estacas y árboles con raíces profundas.



Unión de troncos horizontales con clavos.



Colocación de fajinas y llenado con tierra.



Colocación de manta orgánica y siembra.

Método

8) Finalmente instalar una protección física con alambre para evitar la entrada de ganado.

Plantas recomendadas

Especies nativas con capacidad de producir raíces adventicias, y árboles con raíces profundas que logren retener el suelo en el largo plazo.

Cómo citar:

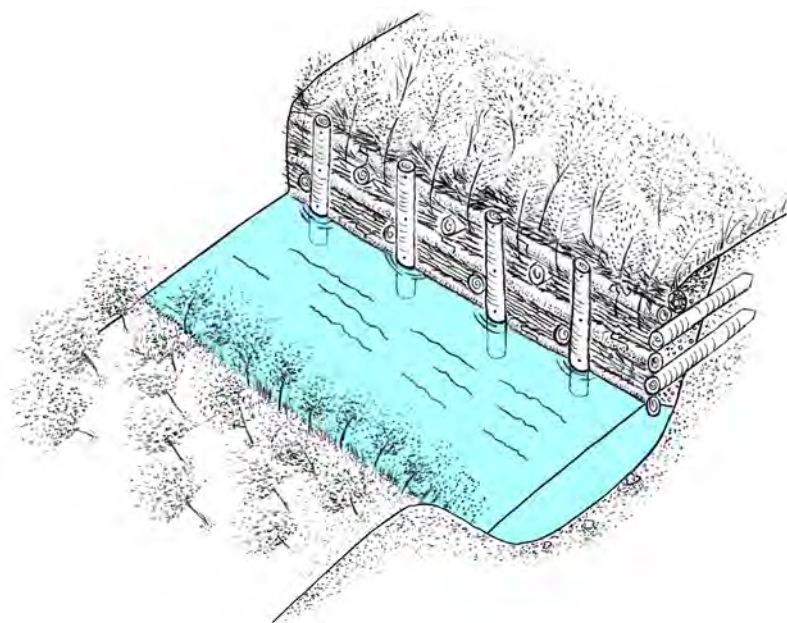
4) REVIVE. 2021. Empalizada viva de madera. En: Ramírez-Soto AF, García-Valencia A, Trujillo-Santos O, Sheseña-Hernández IM, Gutiérrez-Sosa G, Contreras-Huerta I, Macías-Ruiz K, Aguilar-Bernal AS y Hernández-Soto M. 2021. Guía de técnicas para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 58-60pp

Referencias

Sangalli Paola, 2019. Bioingeniería fluvial. Manual técnico para el ámbito cantábrico-Proyecto H2O Gurea. Gestión Ambiental de Navarra S. A.

Helgard Zeh, 2007. Ingeniería Biológica, Manual Técnico, Federación Europea de Ingeniería del Paisaje, Zürich, Alemania.

2.6 Entramado simple de madera con palo frontal



Técnica entramado de madera con palo frontal.

Descripción

Es una técnica mixta de bioingeniería compuesta por una estructura de troncos de madera horizontales unidos a un palo frontal vertical y con troncos transversales que funcionan como anclaje. Esta estructura se rellena con tierra, fajinas y estacas vivas con el objetivo de que el futuro desarrollo de la planta suplante la estructura de troncos. Se utiliza como muro de contención y como obra longitudinal para la defensa de riberas sujetas a erosión.

Zonas bioclimáticas



Húmedo torrencial



Húmedo de neblina



Cálido seco



Mediterráneo

Costos

Metro cúbico de entramado vivo de madera con palo frontal: 189 USD/m, de lo cual a mano de obra le corresponde 25%, a maquinaria 28%, materiales y resto de obra 47%. Costo año 2018.

Tipos de redes hidrológicas



Drenaje radial



Drenaje paralelo



Drenaje contorsionado

Geoformas



Valle



Plano de inundación

Materiales

- 1) Troncos de madera descortezados de 18 a 25 cm de diámetro.
- 2) Estacas de acero galvanizado o corrugado de 12 a 14 mm de diámetro.
- 3) Fajinas vivas de ribera de 20 a 30 cm de diámetro.
- 4) Bolos de piedra para los niveles situados por debajo del calado medio.
- 5) En caso de que sea necesario, bloques de piedra para la cimentación.
- 6) Tierra de obra.
- 7) Estacas.
- 8) Plantas de vivero.

Método

1) Realizar la limpieza, desbroce y eventual perfilado del talud.

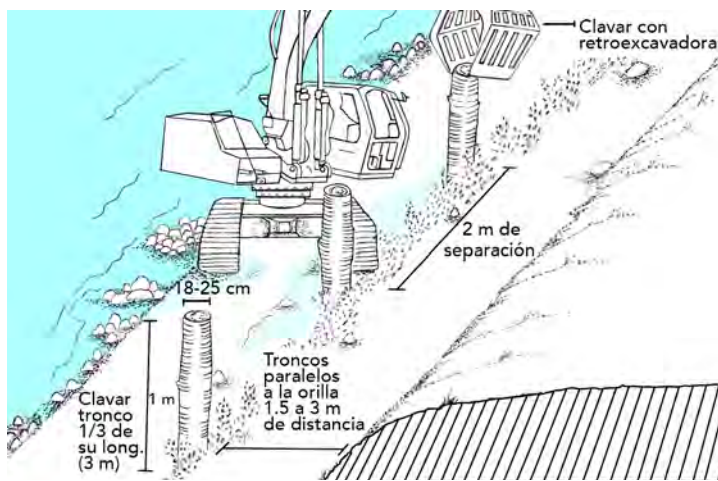
2) Clavar los troncos verticales en el lecho, de 18-25 cm de diámetro y 3 m de longitud, paralelamente a la línea de la orilla y a una distancia de ésta de 1.5-2 m, dejando que sobresalgan 1/3 de la longitud. Los troncos se clavan con ayuda de una retroexcavadora, la distancia entre los troncos verticales es de 2 m.

3) Rellenar los estratos bajos con piedras o fajinas de material muerto.

4) Colocar el primer nivel de troncos horizontales y unir a los troncos verticales mediante clavos de acero corrugado.

5) Posteriormente colocar los troncos transversales sobre el tronco horizontal y clavar en posición perpendicular a la pendiente. Estos troncos con punta se insertan en el suelo de la terraza presionando mecánicamente con la excavadora a una distancia de 2 m entre ellos. Estos troncos se unen lateralmente a los troncos frontales.

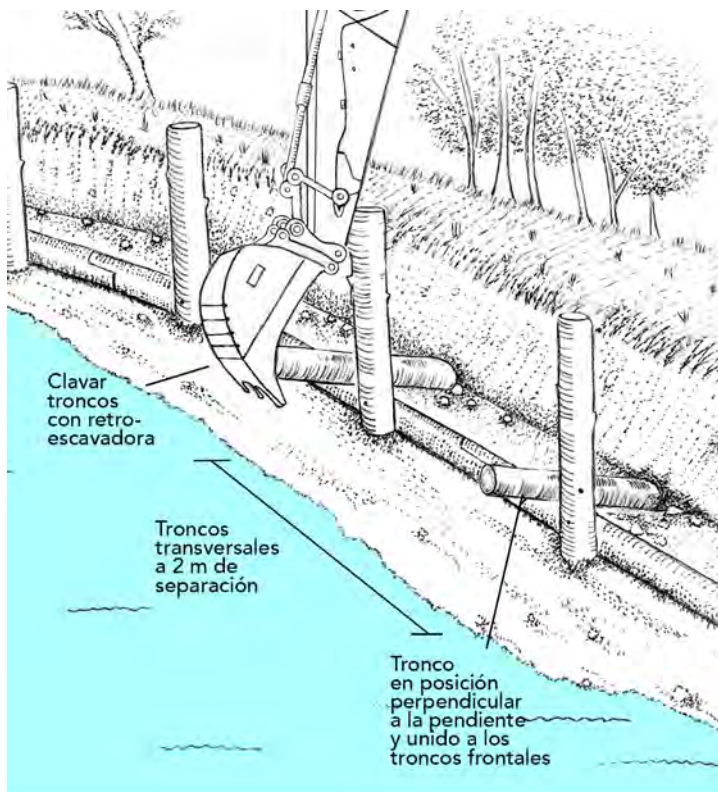
6) Repetir los pasos 4 y 5 hasta alcanzar el nivel deseado. El último nivel siempre debe quedar con troncos horizontales.



Colocación de troncos verticales.

7) Llenar la estructura insertando fajinas una junto a otra internamente en la estructura.

8) Rellenar el resto de la estructura con material in-



Colocación de troncos transversales.

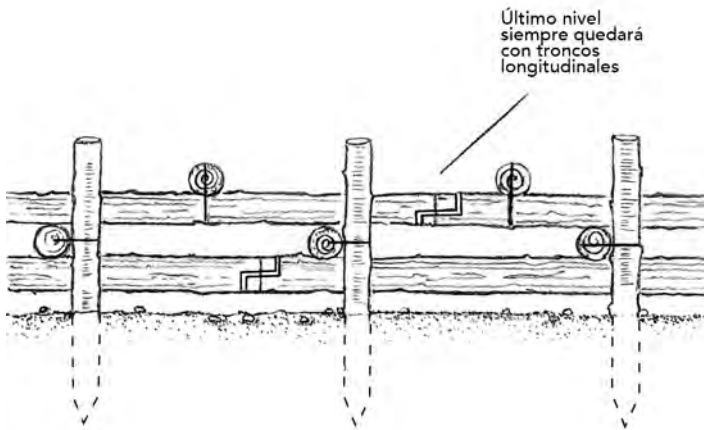
Método

erte (tierra, piedras), rellenando todos los huecos.

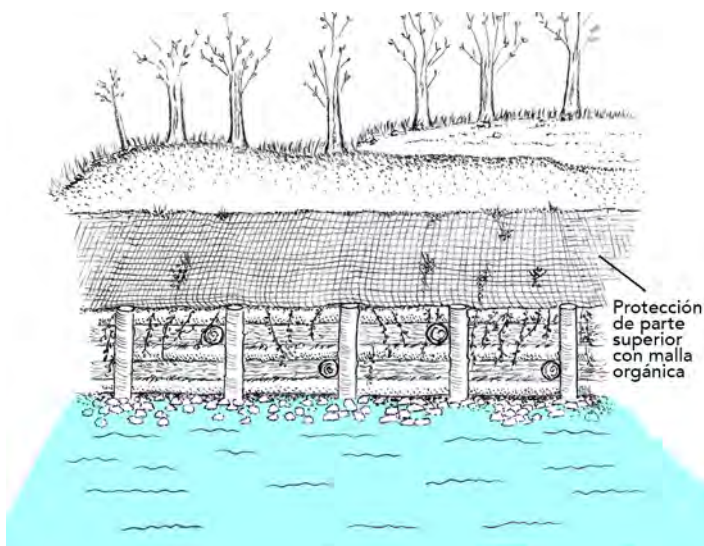
9) Proteger la parte superior con malla orgánica para evitar el lavado del material y sembrar estacas vivas y árboles de vivero.

10) Remodelar y afianzar los perfiles de la cabecera del talud, los bordes laterales y uniones con otras estructuras.

11) Colocar piedras en el comienzo de la estructura para protección al frente de la obra.



Se repiten los pasos 4 y 5.



Protección de la parte superior con malla.

Plantas recomendadas

Especies nativas con capacidad de producir raíces adventicias, y árboles con raíces profundas que logren retener el suelo en el largo plazo.

Cómo citar:

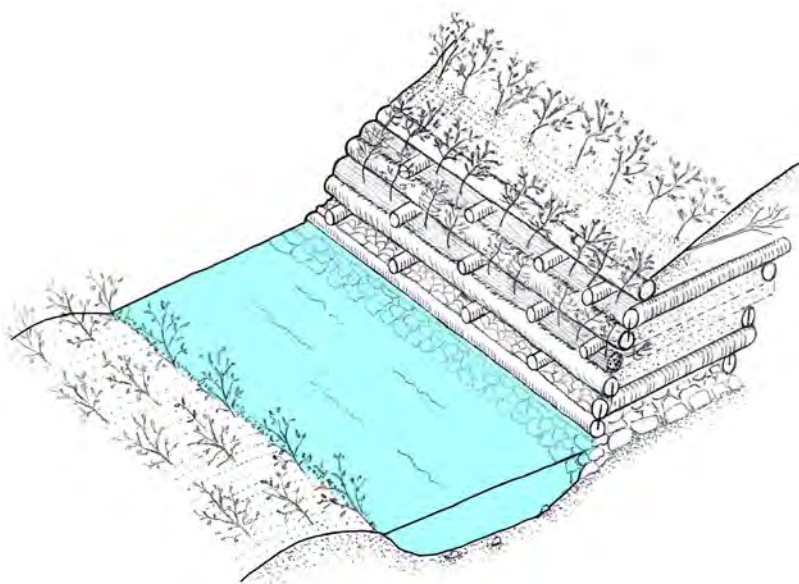
5) REVIVE. 2021. Entramado simple de madera con palo frontal. En: Ramírez-Soto AF, García-Valencia A, Trujillo-Santos O, Sheseña-Hernández IM, Gutiérrez-Sosa G, Contreras-Huerta I, Macías-Ruiz K, Aguilar-Bernal AS y Hernández-Soto M. 2021. Guía de técnicas para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 61-63pp

Referencias

Sangalli Paola, 2019. Bioingeniería fluvial. Manual técnico para el ámbito cantábrico-Proyecto H2O Gurea. Gestión Ambiental de Navarra S. A.

Helgard Zeh, 2007. Ingeniería Biológica, Manual Técnico, Federación Europea de Ingeniería del Paisaje, Zürich, Alemania.

2.7 Entramado doble de madera vivo



Descripción

Es una técnica mixta de bioingeniería que se conforma por una estructura de dos hileras paralelas de troncos horizontales sobre las que se fijan los troncos transversales, formando un prisma. Esta estructura se rellena con fajas, estacas vivas y tierra con el objetivo de que el futuro desarrollo de las plantas reemplace la estructura de troncos. Se utiliza en la estabilización de pendientes de hasta 50°, como muro de contención.

Técnica de entramado doble de madera vivo.

Zonas bioclimáticas



Húmedo torrencial



Húmedo de neblina



Cálido seco



Mediterráneo

Costos

Metro cúbico de entramado vivo doble de madera: 250 USD/m, de lo cual a mano de obra le corresponde el 27% a maquinaria 37%, materiales y resto de obra 37%. Costo año 2018.

Tipos de redes hidrológicas



Drenaje radial



Drenaje enrejado



Drenaje paralelo

Geoformas



Valle



Plano de inundación

Materiales

- 1) Troncos descortezados de 18-30 cm de diámetro y 2-4 m de longitud.
- 2) Clavos de acero de 10 mm de diámetro y 60 cm de longitud.
- 3) Estacas de acero de 12-14 mm de diámetro y 1.5-2.5 m de longitud, para contrarrestar un posible deslizamiento de la estructura hacia adelante.
- 4) Fajinas vivas de ribera de 20-30 cm de diámetro.
- 5) Estacas vivas.
- 6) Tierra.
- 7) Piedra para los niveles inferiores.

Método

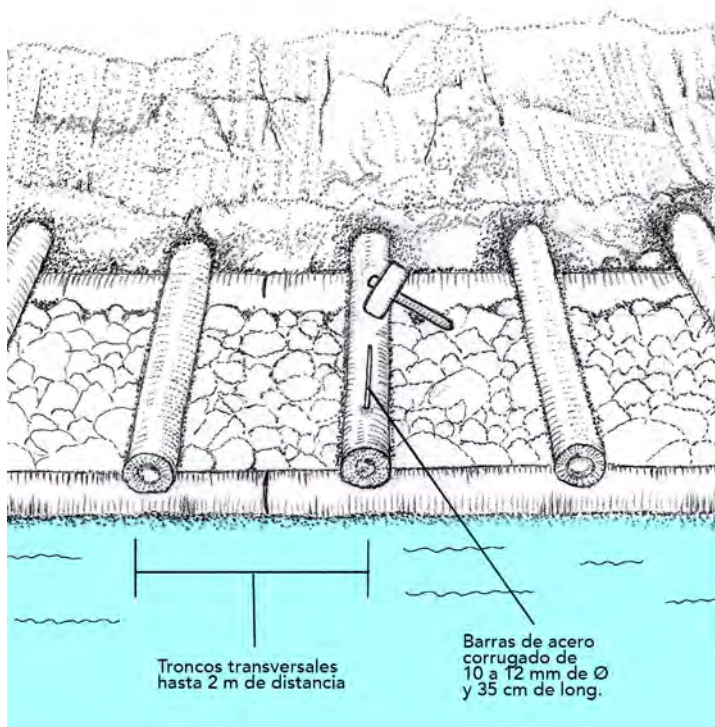
- 1) Excavar una terraza en la base del talud, en contrapendiente del 10%. La anchura de la excavación corresponde con la de la estructura.
- 2) Rellenar con bloques de piedra menor o igual a 0.5m³ a modo de cimentación de la estructura.
- 3) Colocar el primer nivel de troncos horizontales formado por dos hileras de troncos paralelos con una distancia de hasta dos metros. Rellenar con bloques de piedra y compactar. Los troncos horizontales se unen mediante machimbrado con clavos de acero corrugado. Colocar estacas de acero de 12-14 mm de diámetro y 1.5-2.5 m de longitud, para contrarrestar un posible deslizamiento de la estructura hacia adelante.
- 4) Sobre los troncos horizontales colocar y clavar la primera serie de troncos transversales a una distancia de hasta 2 m, siendo preferible una menor distancia en los primeros niveles. Estos troncos se unen a los horizontales mediante



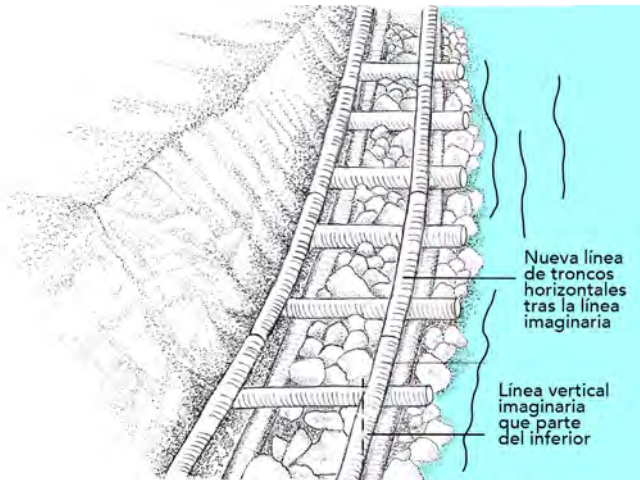
Primer nivel de troncos horizontales.

barras de acero corrugado de 10-12 mm y 35 cm de longitud.

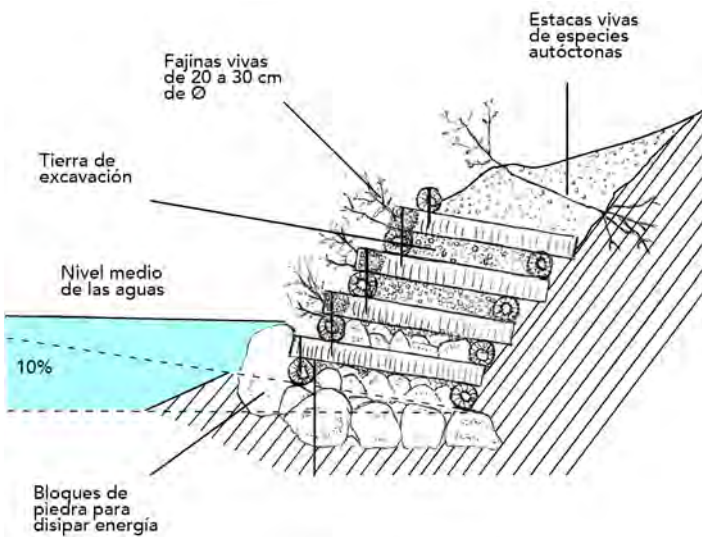
- 5) Clavar una nueva hilera de troncos horizontales, colocándola tras la línea vertical imaginaria que se alza desde el nivel de troncos inferior.



Primera serie de troncos transversales.



Segunda hilera de troncos horizontales.



Estructura con fajas vivas y tierra.

Método

- 6) Rellenar la estructura con material vegetal como fajas y tierra de excavación.
- 7) Repetir los pasos 4, 5 y 6 hasta conseguir la altura proyectada de la estructura.
- 8) Remodelar los perfiles de la cabecera, cubrir con manta orgánica, plantar estacas vivas y árboles de vivero.
- 9) Colocar bloques de piedra mayores para disipar la energía en el inicio de las estructuras.

Plantas recomendadas

Especies nativas con capacidad de producir raíces adventicias, y árboles con raíces profundas que logren retener el suelo en el largo plazo.

Cómo citar:

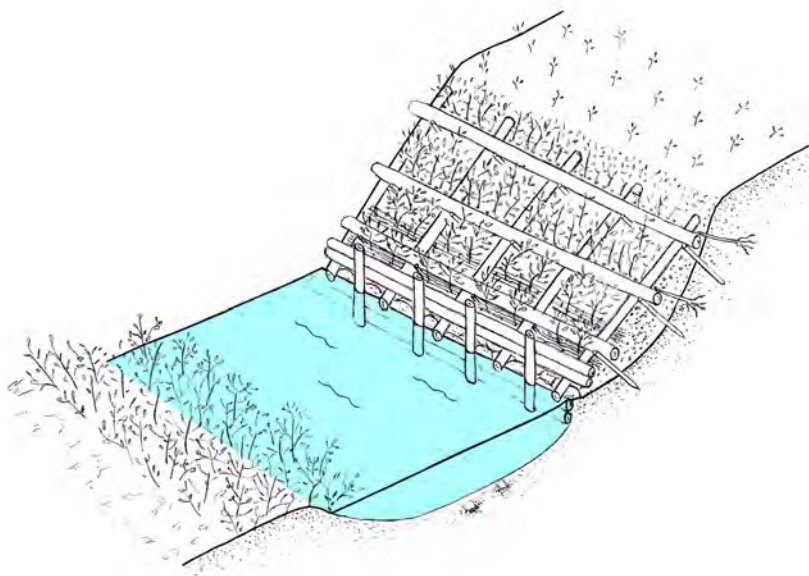
6) REVIVE. 2021. Entramado doble de madera viva. En: Ramírez-Soto AF, García-Valencia A, Trujillo-Santos O, Sheseña-Hernández IM, Gutiérrez-Sosa G, Contreras-Huerta I, Macías-Ruiz K, Aguilar-Bernal AS y Hernández-Soto M. 2021. Guía de técnicas para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 64-66pp

Referencias

Sangalli Paola, 2019. Bioingeniería fluvial. Manual técnico para el ámbito cantábrico-Proyecto H2O Gurea. Gestión Ambiental de Navarra S. A.

Helgard Zeh, 2007. Ingeniería Biológica, Manual Técnico, Federación Europea de Ingeniería del Paisaje, Zürich, Alemania.

2.8 Enrejado vivo



Descripción

Técnica de bioingeniería a base de una estructura formada por la unión de troncos, dispuestos vertical y horizontalmente, formando una estructura reticular con malla cuadrada o rectangular que se rellena con tierra de excavación y material vegetal vivo que al enraizar estabiliza el margen. Es una técnica más empleada en taludes que en márgenes fluviales. Se utiliza para la recuperación de riberas de pendiente elevada o para la estabilización de taludes. La altura máxima que se puede alcanzar con esta técnica es de 15 a 20 m.

Técnica de enrejado vivo.

Zonas bioclimáticas



Húmedo torrencial



Húmedo de neblina



Cálido seco



Frío de montaña

Costos

Metro cuadrado de enrejado vivo de madera: 162 USD/m, de lo cual a mano de obra le corresponde el 30.8% a maquinaria 28.6%, materiales y resto de obra 40.6%. Costo en 2018.

Tipos de redes hidrológicas



Drenaje radial



Drenaje enrejado



Drenaje paralelo

Geoformas



Plano de inundación



Terraza fluvial



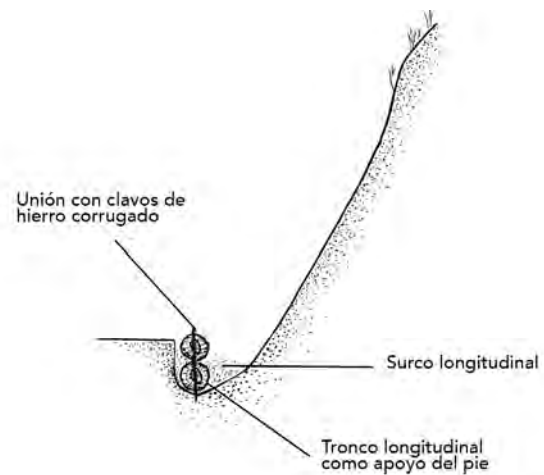
Ladera adyacente inmediata

Materiales

- 1) Troncos de madera descortezados de 4 a 5 m de largo y 18-25 cm de diámetro.
- 2) Clavos de acero corrugado de 10 mm de diámetro y 35 cm de longitud.
- 3) Varillas de acero corrugado de 1.5 m de largo y 12 mm de diámetro.
- 4) Manta orgánica de coco.
- 5) Tierra de excavación para relleno.
- 6) Fajinas vivas.
- 7) Estacas vivas.
- 8) Árboles de vivero.

Método

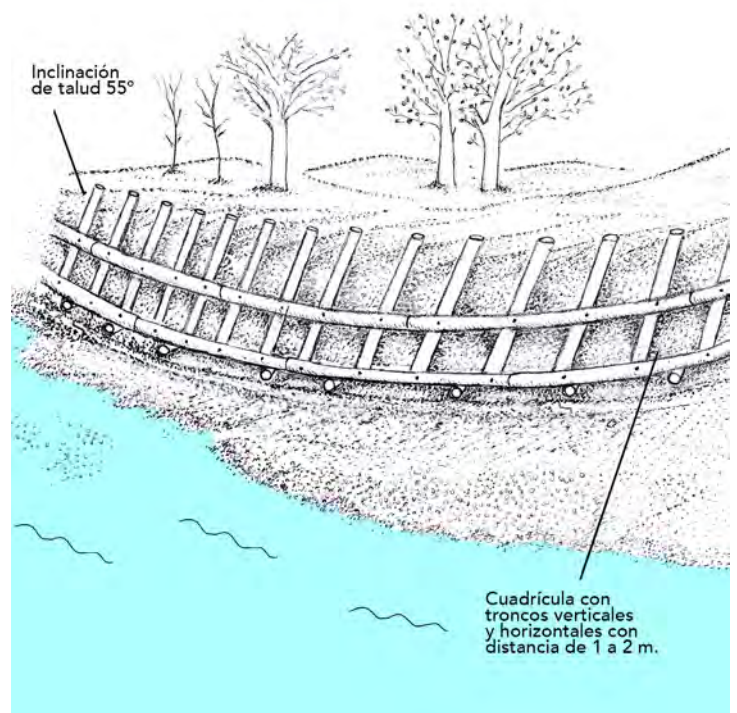
- 1) Limpiar y acondicionar el talud.
- 2) Realizar un plano de apoyo, que puede tratarse de una zanja longitudinal o de una pequeña escollera.
- 3) Colocar un tronco longitudinal en la base como apoyo del pie.
- 4) Colocar los troncos verticales con una distancia entre 1 a 2 m.
- 5) Colocar los troncos horizontales sobre los verticales formando una cuadrícula con una distancia de 1 a 2 m, en función de la pendiente, el tipo de suelo y las dimensiones de la estructura.
- 6) Los troncos horizontales se clavan a los verticales y se apoyan en el terreno mediante barras de acero corrugado.



Zanja longitudinal en la base.

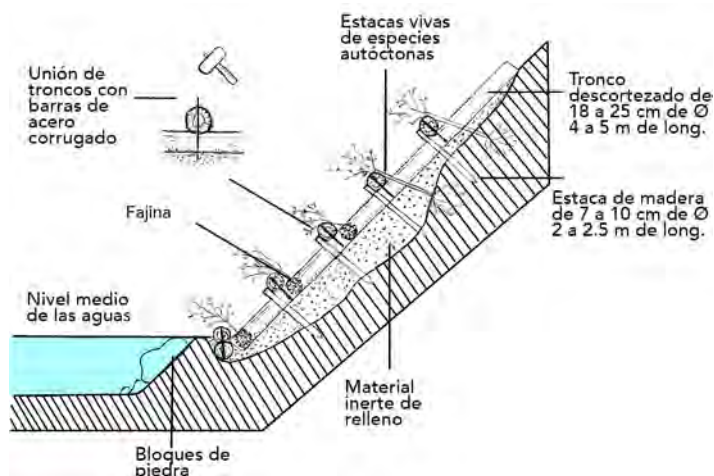
7) Colocar las fajinas y rellenar con tierra.

8) Sembrar la superficie del enrejado con estacas y árboles de vivero.

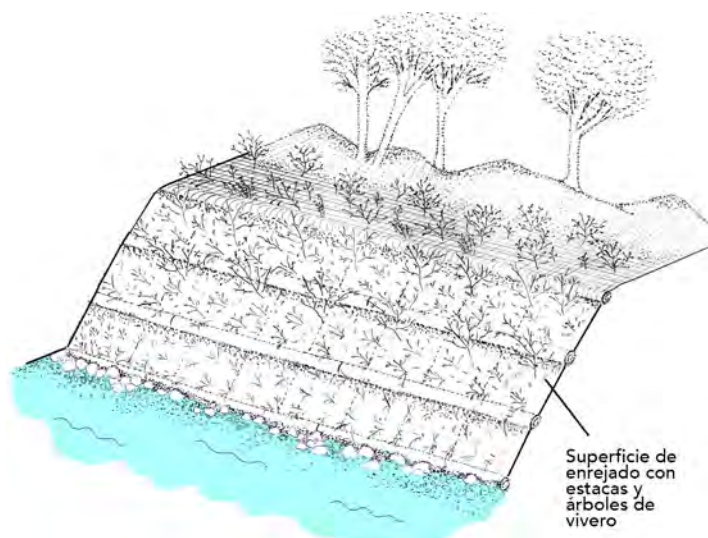


Troncos verticales y horizontales.

Técnicas de restauración riparia



Troncos verticales y horizontales y fajinas.



Llenado con tierra y siembra de estacas.

Método

9) Revestir el tronco superior y la parte alta del talud con manta de fibra de coco y sembrar estacas y árboles de vivero.

Plantas recomendadas

Especies nativas con capacidad de producir raíces adventicias, y árboles con raíces profundas que logren retener el suelo en el largo plazo.

Cómo citar:

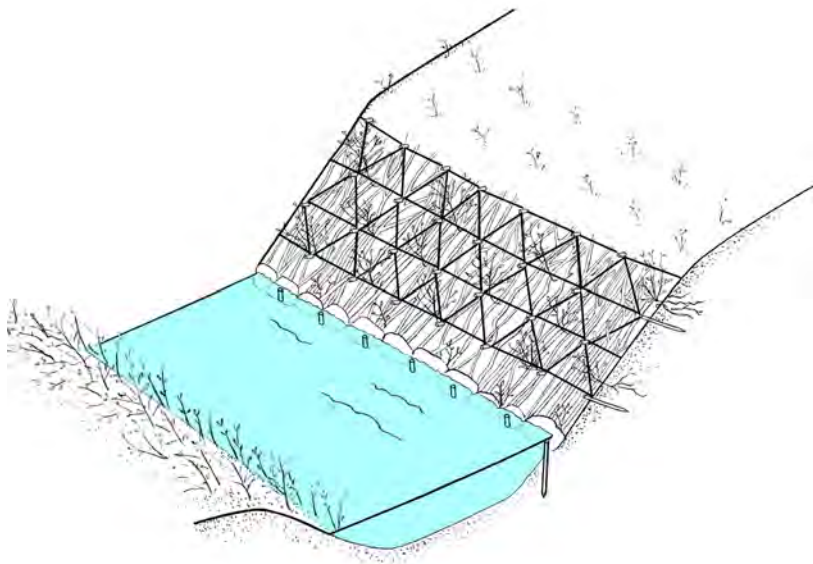
7) REVIVE. 2021. Enrejado vivo. En: Ramírez-Soto AF, García-Valencia A, Trujillo-Santos O, Sheseña-Hernández IM, Gutiérrez-Sosa G, Contreras-Huerta I, Macías-Ruiz K, Aguilar-Bernal AS y Hernández-Soto M. 2021. Guía de técnicas para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 67-69pp

Referencias

Sangalli Paola, 2019. Bioingeniería fluvial. Manual técnico para el ámbito cantábrico-Proyecto H2O Gurea. Gestión Ambiental de Navarra S. A.

Helgard Zeh, 2007. Ingeniería Biológica, Manual Técnico, Federación Europea de Ingeniería del Paisaje, Zürich, Alemania.

2.9 Estera de ramaje



Descripción

Técnica de estabilización que consiste en el recubrimiento de la superficie del talud del margen fluvial con varas vivas de especies características de la vegetación de ribera que tienen la capacidad de rebrotar como los sauces. Se emplea como protección de las márgenes del río frente a la erosión, favoreciendo el desarrollo de la vegetación. No se recomienda para zonas inundables ni en cauces con corrientes muy fuertes. Se puede aplicar en taludes de hasta 30° a 35°.

Técnica de estera de ramaje.

Zonas bioclimáticas



Cálido
seco



Seco de
altiplano



Semidesértico



Mediterráneo

Costos

Metro cuadrado de estera de ramaje: 117 USD/m, de lo cual a mano de obra le corresponde el 62% a maquinaria 10%, materiales y resto de obra 28%. Costo en 2018.

Tipos de redes hidrológicas



Drenaje
dendrítico



Drenaje
enrejado



Drenaje
rectangular

Geoformas



Valle



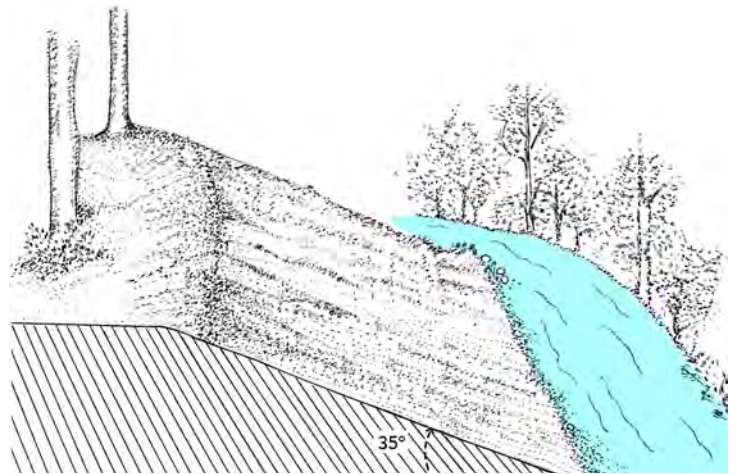
Plano de
inundación

Materiales

- 1) Varas de 3 a 4 m de longitud y 5-10 cm de diámetro.
- 2) Estacas de madera de 7-10 cm de diámetro y 1 m de longitud.
- 3) Alambre recocido de 2-3 mm.
- 4) Malla orgánica de coco de 700 g/m² y luz de 10x10 mm.
- 5) Grapas de acero corrugado de 6 mm de diámetro.
- 6) Piedra de escollera.
- 7) Fajina, como sujeción de la base.

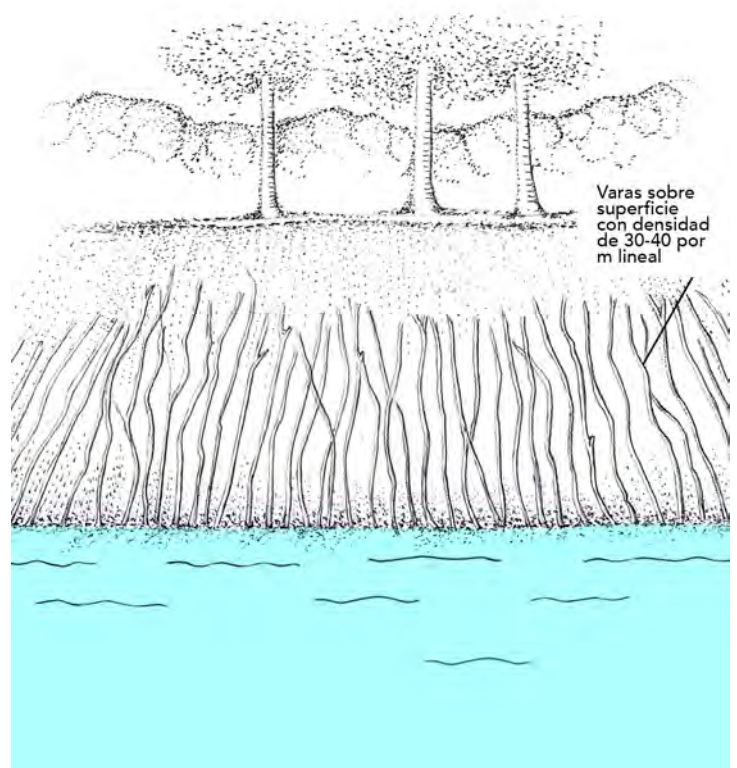
Método

- 1) Preparar el talud de la margen fluvial hasta dejar una pendiente máxima de 35°.
- 2) Colocar las varas sobre la superficie, una junto a la otra con una densidad de 30-40 varas por metro lineal. Si la longitud de las varas no es suficiente para cubrir el talud, se puede colocar una segunda capa sobreponiendo 30 cm sobre la capa inferior. Las varas deben quedar en contacto con el suelo y la base dentro del agua.
- 3) Cubrir las varas con una capa de tierra vegetal de unos 4-5 cm de espesor.
- 4) Proteger el suelo con una malla orgánica de coco, colocándola en sentido paralelo a la corriente del agua.
- 5) Proteger la base de la obra con una escollera de piedra o fajinas para evitar que la obra se erosione.



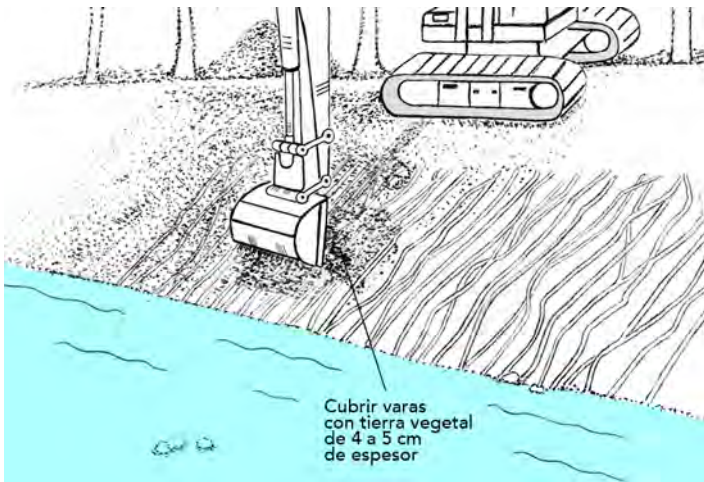
Preparación del talud de la margen fluvial.

- 6) Clavar estacas vivas de madera sobre la superficie del talud. Las estacas se disponen en líneas paralelas al agua con una separación de 1 m entre ellas.

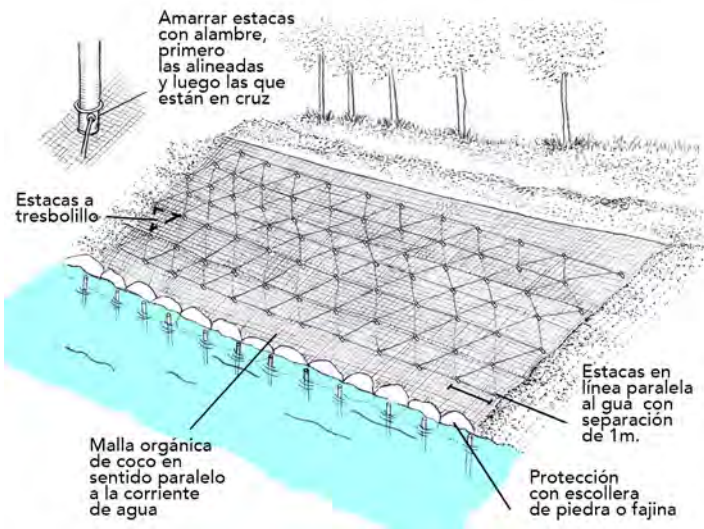


Colocación de varas sobre el talud.

Técnicas de restauración riparia



Recubrimiento de varas con tierra vegetal.



Colocación de malla orgánica de coco.

Método

En las filas superiores las estacas se colocan en tres bolillo.

7) Amarrar las estacas con alambre, primero las que están alineadas y luego en cruz, uniendo todas las estacas.

8) Por último enterrar más las estacas para tensar la estructura y que esté en contacto con el suelo. Cortar las estacas al ras de la malla.

Plantas recomendadas

Especies nativas con capacidad de producir raíces adventicias, y árboles con raíces profundas que logren retener el suelo en el largo plazo.

Cómo citar:

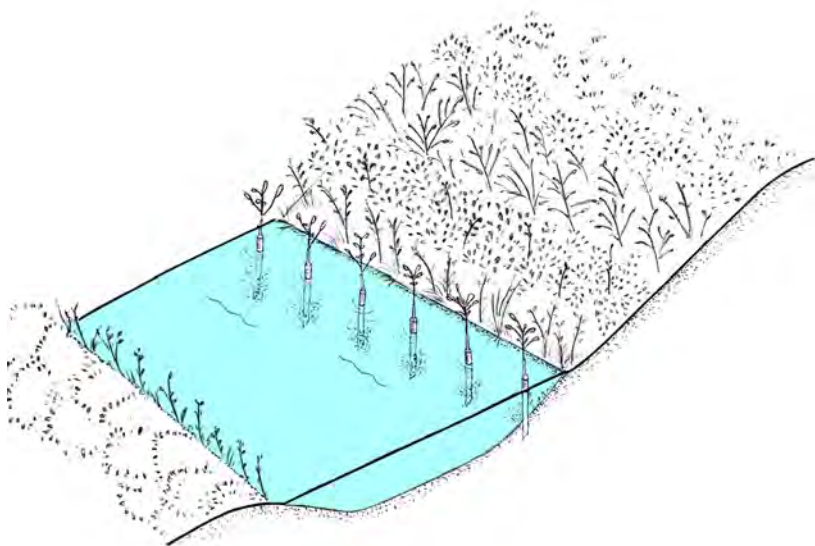
8) REVIVE. 2021. Estera de ramaje. En: Ramírez-Soto AF, García-Valencia A, Trujillo-Santos O, Sheseña-Hernández IM, Gutiérrez-Sosa G, Contreras-Huerta I, Macías-Ruiz K, Aguilar-Bernal AS y Hernández-Soto M. 2021. Guía de técnicas para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 70-72pp

Referencias

Sangalli Paola, 2019. Bioingeniería fluvial. Manual técnico para el ambito cantábrico-Proyecto H2O Gurea. Gestión Ambiental de Navarra S. A.

Helgard Zeh, 2007. Ingeniería Biológica, Manual Técnico, Federación Europea de Ingeniería del Paisaje, Zürich, Alemania.

2.10 Riley



Técnica Riley con plantas de mangle.

Zonas bioclimáticas



Húmedo
torrencial

Costos

USD 4 por tubo y planta sembrada.

Tipos de redes hidrológicas



Drenaje
rectangular



Drenaje
paralelo



Drenaje
contorsionado

Geoformas



Valle



Plano de
inundación

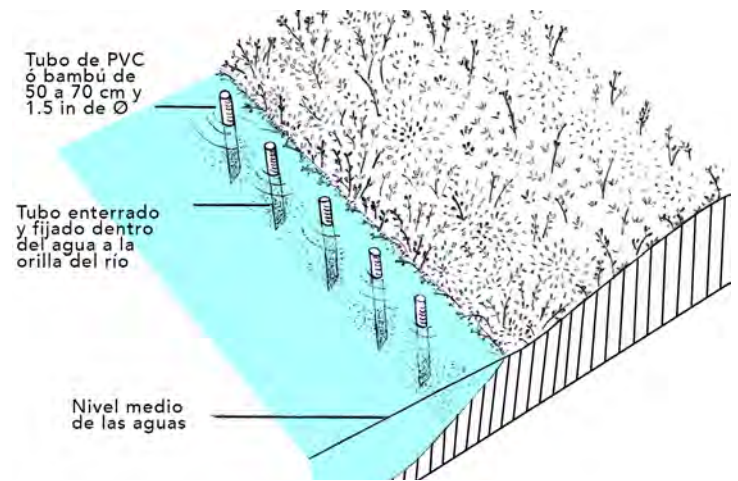
Técnicas de restauración riparia

Materiales

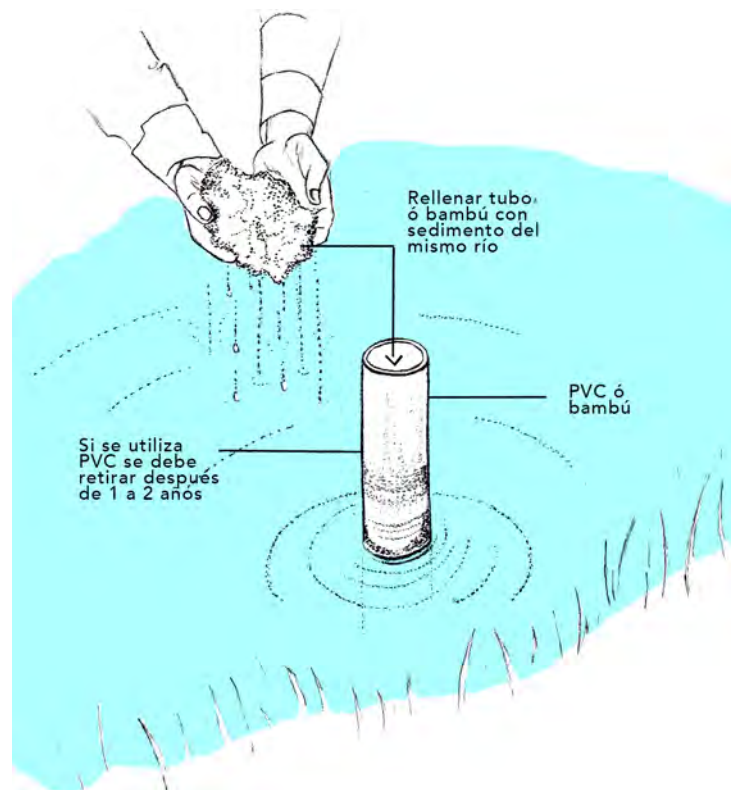
- 1) Tubos de PVC de 50-70 cm y 1.5 pulgadas de diámetro, con una ranura a todo lo largo, o en su caso bambú seco con las mismas características.
- 2) Sedimentos del río.
- 3) Propágulos o plántulas de mangle rojo.

Método

- 1) Identificar en la zona la existencia de ecosistema de manglar.
- 2) Identificar el nivel medio de inundación.
- 3) Enterrar los tubos o bambú en la orilla del río, dentro del agua y asegurarse que queden bien fijados.
- 4) Rellenar con sedimentos del mismo río hasta el nivel del suelo del manglar.
- 5) Sembrar un propágulo o plántula de mangle rojo.
- 6) Colocar en líneas o núcleos paralelos a la orilla del río con una separación de un metro entre uno y otro.
- 7) Si se utiliza PVC se debe retirar después de 1-2 años.

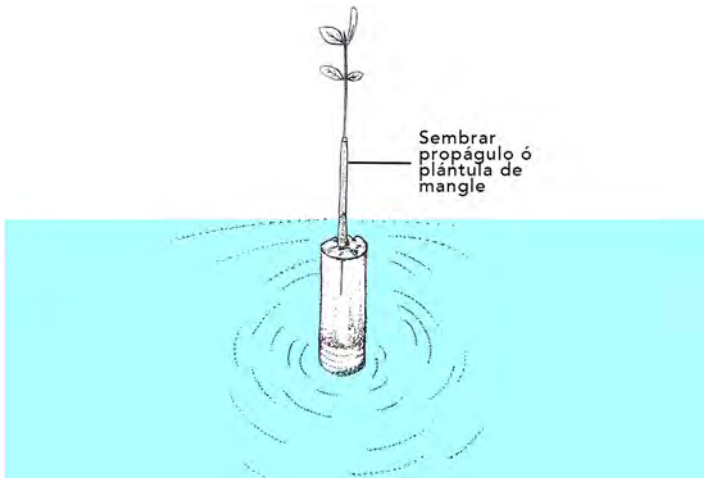


Bambú o tubo a la orilla del río.

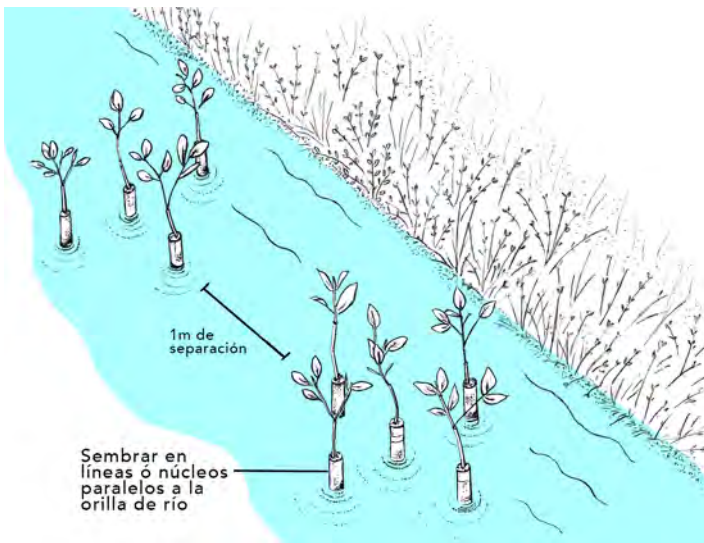


Llenado del tubo con sedimento del río.

Técnicas de restauración riparia



Siembra de plantas de mangle rojo.



Tubos paralelos a la orilla del río.

Plantas recomendadas

Mangle rojo.

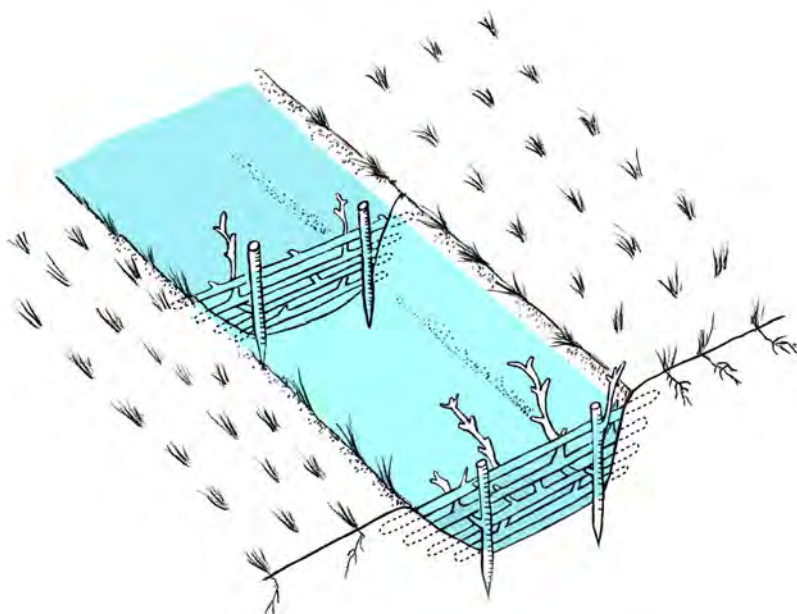
Cómo citar:

9) REVIVE. 2021. Riley. En: 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 de técnicas para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 73-75pp

Referencias

Riley y Salgado-Kent, 1999. Mangroves and Salt Marshes.

2.11 Minibarreras vivas de control de erosión



Minibarreras vivas de control de erosión.

Descripción

Se trata de una mini presa que se construye con plantas vivas y materiales locales. Es porosa y su principal objetivo es reducir la pendiente en una cárcava o pequeños escurrimientos y así disminuir la velocidad del agua. Atrapa el sedimento que baja por una cárcava y retiene el material erosionado que se deposita detrás de la pared de control.

Zonas bioclimáticas



Seco de altiplano



Frío de montaña



Semidesértico



Mediterráneo

Costos

USD 30 por metro cuadrado.

Tipos de redes hidrológicas



Drenaje dendrítico



Drenaje enrejado



Drenaje anular

Geoformas



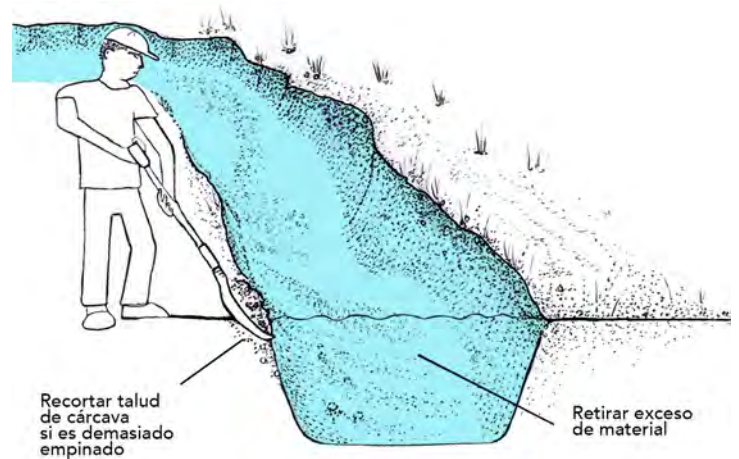
Cauce

Materiales

- 1) Estacas de madera dura de especies que rebrotan, de 1 a 2 m de largo y 6 a 12 cm de diámetro, por ejemplo, *Erythrina spp.*
- 2) Tallos largos de *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), *Bambusa vulgaris* (bambú) de 2-3 años.
- 3) Pastos con raíces fibrosas para reforzar los costados de las cárcavas.
- 4) Malezas.
- 5) Piedras angulares para rellenar.

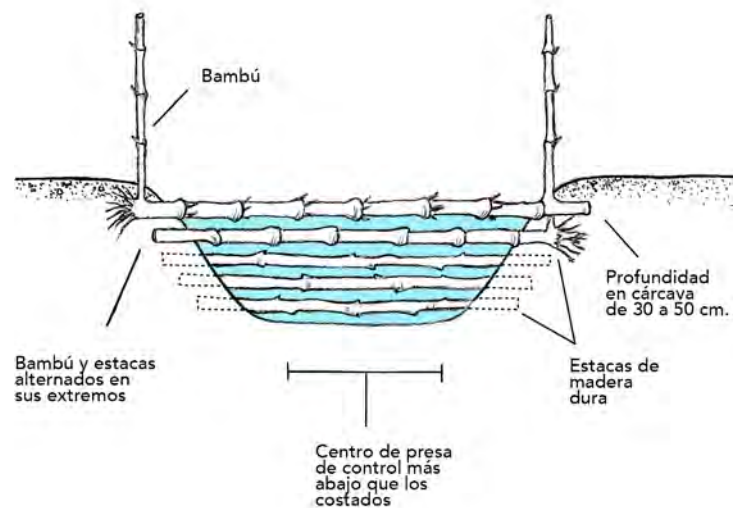
Método

- 1) Recortar los taludes de la cárcava si son demasiado empinados. Cualquier exceso de material suelto debe ser retirado.
- 2) Colocar de 4 a 5 estacas de madera dura, alternándolas de manera que los extremos inferiores de algunas de las estacas queden adyacentes al extremo superior de otras.
- 3) Insertar las estacas en el costado de la cárcava a una profundidad de 30 a 50 cm y compactar el material alrededor de las estacas. Asegúrese de que haya un buen contacto entre las estacas y el lecho de la cárcava ya que es allí donde se desarrollará la raíz del refuerzo.
- 4) Asegurarse que el centro de la presa de control está más abajo que los costados. Esto permite que el refluo se canalice por el centro de la cárcava y evita socavación en los costados.
- 5) Rellenar el área detrás de la presa con maleza y piedras angulares.

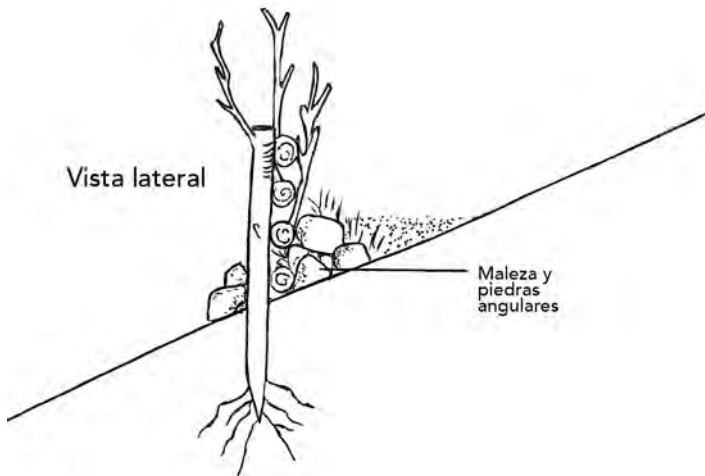


Acondicionamiento de los taludes.

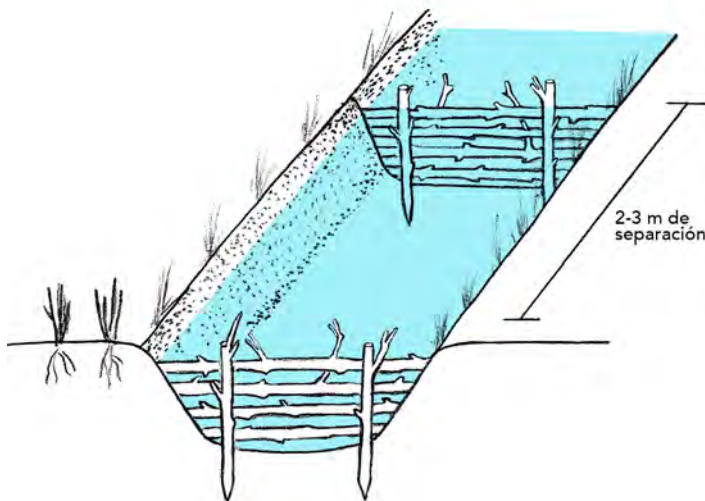
- 6) Calcular la distancia entre las presas de control, dependiendo de la pendiente del lecho de la cárcava y los niveles de erosión. Donde la erosión constituya un problema, las presas se pueden colocar en una



Estacas con capacidad de rebrotar.



Piedras y malezas detrás de la presa.



Disposición de presas a cada 2-3 m.

Método

cárcava a intervalos de 2-3 metros. Es preferible colocar numerosas presas pequeñas y no unas pocas presas grandes.

Plantas recomendadas

Especies con capacidad de rebrotar, por ejemplo, *Erythrina spp.*, *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), *Bambusa vulgaris* (bambú) de 2-3 años, pastos con raíces fibrosas.

Cómo citar:

10) REVIVE. 2021. Minibarreras vivas de control de erosión. En: 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 de técnicas para la restauración riparia. Red de Viveros de Biodiversidad, City Adapt y Fondo Golfo de México. 76-78pp

Referencias

Coppin N. J. y Richards I. G., 1990. Use of Vegetation in Civil Engineering, UK: CIRIA.

Gray D. H. y Leiser A.T., 1982. Biotechnical Slope Protection for Erosion Control. Nueva York. Van Nostrand Reinhold Company, 271 pp.

3. CATÁLOGO DE ÁRBOLES PARA LA RESTAURACIÓN RIPARIA

3.1 ¿CÓMO USARESTE CATÁLOGO?



Número de página

93

FRIJOLILLO / *Cojoba arborea*

Nombre común

Nombre científico

Principales usos del árbol

USOS GENERALES



GANADERÍA



MADERABLES



API CULTURA



RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

¿CÓMO USAR ESTE CATÁLOGO?

Nombre común y científico

Datos de contacto

Número de página

Descripción general

Tabla de siembra

Tablas de cuidados

Fotos de la especie o de sus usos

FRIJOLILLO / *Cajoba arborea*

www.cityadapt.com www.revivemx.org **94**

Pertenece a la familia de las Leguminosas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 30 m y diámetros hasta de 1 m. Tienen el tronco recto y la copa redondeada y densa, compuesta de ramas gruesas y ascendentes. Es perennifolio, florece de octubre a junio y fructifica entre abril y octubre.

USOS

Especie ornamental de madera dura y resistente, utilizada como leña, carbón, postes, manufactura de muebles, sombra de potreros y cerco vivo. Ideal para la decoración de interiores, pisos y esculturas. Flores melíferas que contribuyen a la producción de miel de buena calidad.

OTROS NOMBRES

Coralillo, frijolillo, buché.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

S.L.P., Pue., Gro., Ver., Tab.

SUELO Y CLIMA

A orilla de ríos, especie conocida como riparia. Preferentemente en clima cálido.

ALTITUD

De 0 a los 2,500 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Selva alta o mediana perennifolia y subperennifolia.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

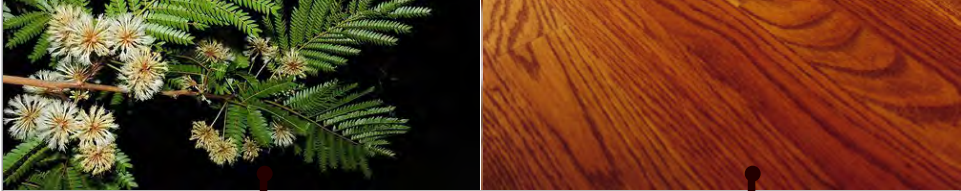
Debido a su rápido crecimiento y fácil adaptación a suelos compactados, tiene potencial para reforestación y restauración ecológica de sitios degradados.

ÉPOCA DE SIEMBRA

agosto - septiembre

CUIDADOS

Media sombra | Riego abundante



CATEGORÍAS DE USO



Cultural o religioso



Apicultura



En peligro de extinción y raros



Restauración ecológica



Maderables



Frutales



Industriales



Ganadería



Medicinal



Agroforestería



Aromáticas



Ornamentales



ARCE / *Acer negundo*

USOS GENERALES



MADERABLES



APICULTURA



AGROFORESTERÍA



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA

El arce pertenece a la familia de las Aceráceas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 20 m y diámetros hasta de 35 cm. Son dioicos, tienen el tronco recto y la copa alargada o redondeada, abierta, compuesta de ramas delgadas y ascendentes. Es caducifolio, florece durante febrero y marzo. Fructifica entre julio y septiembre.

OTROS NOMBRES

Lele, negundo, acecintle.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Chis., Hgo., Jal., Mich., N.L., Ver.

SUELO Y CLIMA

En cañadas y riberas, de preferencia en sitios altamente húmedos con clima frío.

ALTITUD

De 1,800 a 2,600 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Bosque caducifolio, pinares, encinares y vegetación riparia.

USOS

Madera suave y ligera, poco resistente. Es utilizada para elaborar utensilios domésticos, acabado de interiores, muebles baratos y en la fabricación de papel, tableros de aglomerados y artesanías. La savia es útil para la elaboración de miel.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Tolera la contaminación ambiental, sequías y heladas. Es apropiado para la restauración ecológica en ambientes riparios de zonas serranas.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - septiembre

CUIDADOS



Media sombra



Riego ligero





ANONA / *Annona glabra*

USOS GENERALES



FRUTALES



MEDICINAL



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA

La anona pertenece a la familia de las Anonáceas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 15 m y diámetros hasta de 50 cm. Tronco generalmente torcido, con contrafuertes estrechos y raíces adventicias en la base; la copa es amplia y dispersa, compuesta de ramas gruesas y ascendentes. Es perennifolio, florece de marzo a junio y fructifica entre mayo y agosto.

OTROS NOMBRES

Corcho, anona de corcho, palo de corcho.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Tams., Ver., Tab., Camp., Yuc.

SUELO Y CLIMA

En suelos inundables y riberas, tolera la salinidad. En clima cálido.

ALTITUD

De 0 a 500 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Vegetación de humedales, selvas bajas perennifolias inundables.

USOS

Árbol frutal. Sus hojas se utilizan en la medicina tradicional. Las flores pueden ser usadas como desparasitantes. Los frutos son comestibles y contienen sustancias bioactivas que inhiben el desarrollo de células cancerosas, por lo que tienen potencial farmacéutico.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Proporciona hábitat y alimento a la fauna silvestre y su presencia contribuye a la conservación de humedales.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - octubre

CUIDADOS



Sol



Riego abundante





PIPINQUE / *Carpinus caroliniana*

USOS GENERALES



MADERABLES



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA

El pipinque pertenece a la familia de las Betuláceas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 15 m y diámetros hasta de 30 cm. Tronco recto y cilíndrico y la copa ovalada, abierta, compuesta de ramas delgadas y ascendentes. Es caducifolio, florece de enero a marzo y fructifica entre junio y agosto.

OTROS NOMBRES

Palo lechillo.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

S.L.P., Tams., Ver., Pue., Tlax.

SUELO Y CLIMA

En el clima templado a frío, preferentemente en suelos pobres.

ALTITUD

De 1,000 a 2,500 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Bosques caducifolios, bosques de pinos y encinares.

USOS

Madera extremadamente dura empleada para leña y carbón, en la elaboración de herramientas agrícolas y en la construcción de viviendas. En algunos lugares es destinada para la manufactura de artesanías, cuñas y mazos.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

La especie tolera suelos húmedos y compactos. Es apropiado para ser empleado en programas de reforestación y restauración ecológica en áreas de bosques caducifolios.

ÉPOCA DE SIEMBRA



agosto - septiembre

CUIDADOS



Sombra



Riego ligero





CEIBA / *Ceiba pentandra*

USOS GENERALES



MADERABLES



INDUSTRIAL



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA

La ceiba pertenece a la familia de las Bombacáceas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 40 m y diámetros de hasta 3 m. Tienen el tronco recto y cilíndrico, robusto, con contrafuertes bien desarrollados y la copa amplia, extendida y frondosa, compuesta de ramas gruesas ascendentes u horizontales. Es caducifolio, florece de diciembre a marzo y fructifica entre abril y junio.

OTROS NOMBRES

Pochote, pimm, yaaxché.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Tams., Ver., Camp., Yuc., Q.R.

SUELO Y CLIMA

En una gran variedad de suelos, soporta la inundación pero no mucho tiempo. En clima cálido.

ALTITUD

De 0 hasta 900 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Selva alta perennifolia, selva mediana sub-caducifolia, vegetación secundaria.

USOS

La madera se utiliza para construcciones rurales y con potencial comercial. Partes del árbol tienen uso medicinal como anti-espasmódico, emético y diurético. Especie melífera de gran valor. La fibra algodonosa de los frutos es un material aislante y resistente usado para almohadas y chamarras, también como aislante térmico y acústico en refrigeradores, aviones y oficinas. El aceite de la semilla se emplea como lubricante. Árbol considerado sagrado para varias culturas mesoamericanas

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

De rápido crecimiento con potencial para la reforestación y restauración ecológica.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - octubre

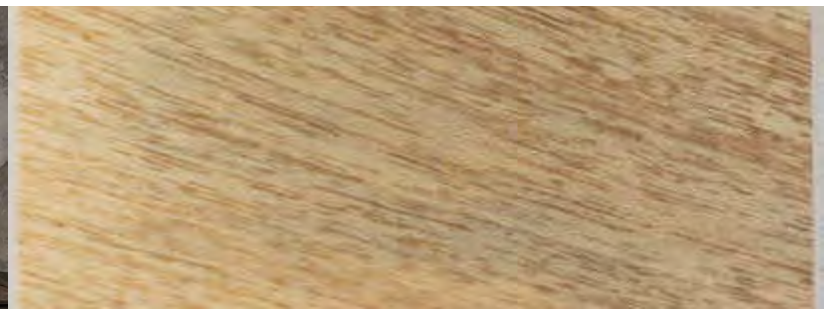
CUIDADOS

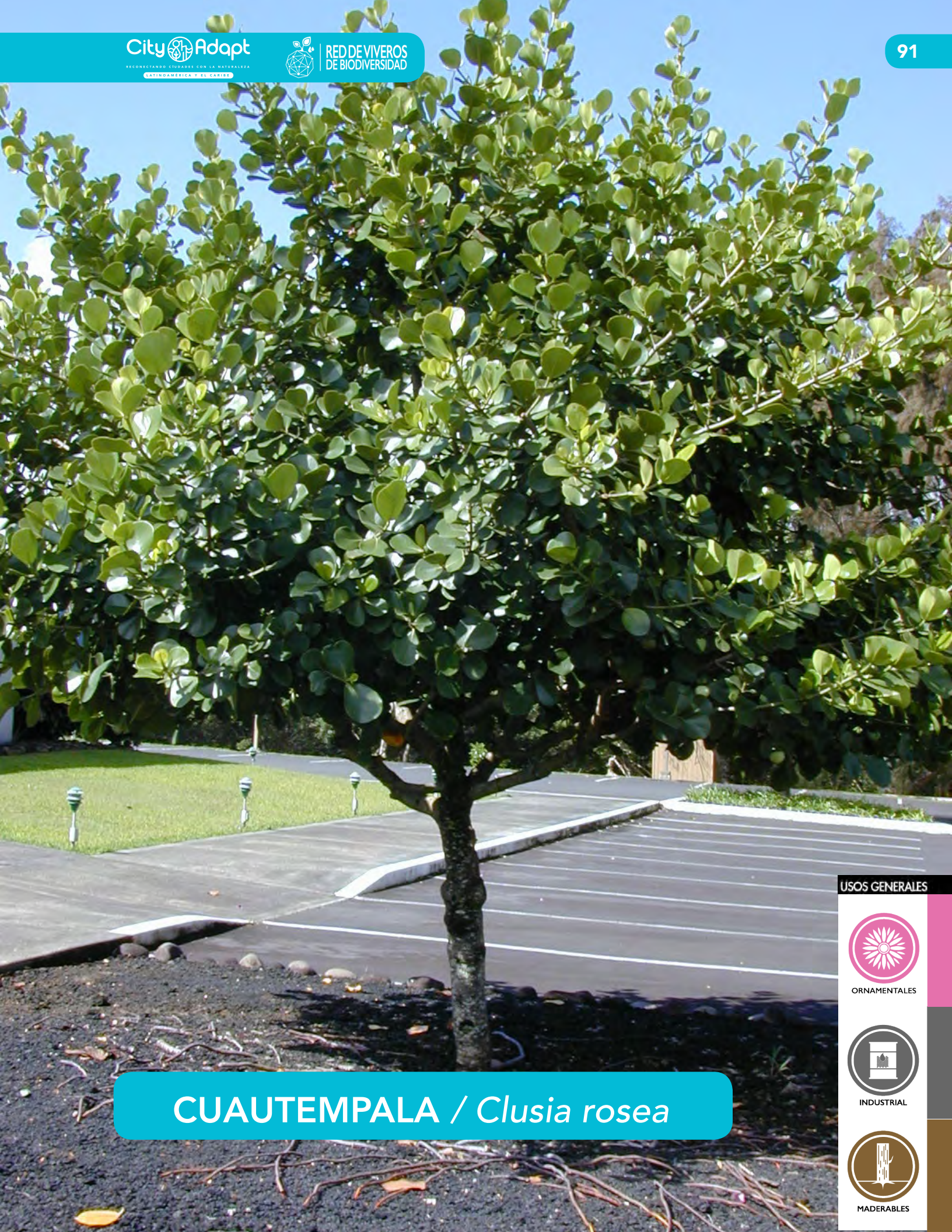


Sol



Riego regular





CUAUTEMPALA / *Clusia rosea*

USOS GENERALES



ORNAMENTALES



INDUSTRIAL



MADERABLES

El cuautempala pertenece a la familia Clusiaceae, es un árbol de 10 a 18 m de altura, con tronco de hasta 60 cm de diámetro. Provee sombra.

OTROS NOMBRES

Cupey.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Ver., Yuc., Oax., Jal., Q.R.

SUELO Y CLIMA

En todo tipo de suelos, pero con mucho sol. Es una planta epífita de clima cálido.

ALTITUD

De 0 a 1,200 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Sabana, selva mediana subperennifolia.

USOS

Especie utilizada principalmente como planta de ornato, aunque es muy útil en la construcción de palapas y tiene uso medicinal. Recomendable para adornar parques y jardines. La savia de la semilla se usa para cerrar las juntas de embarcaciones.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Muy apto para zonas costeras por su tolerancia a la sal.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - septiembre

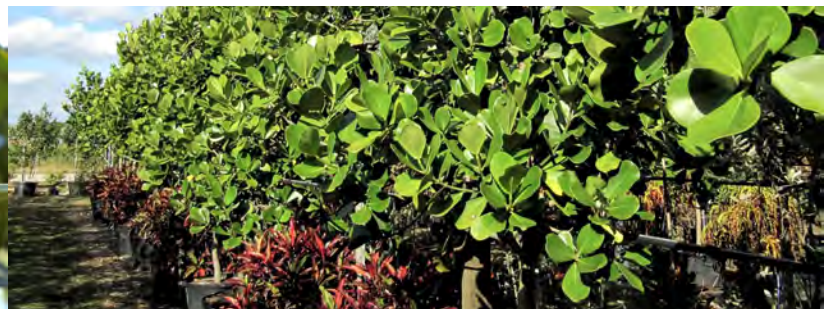
CUIDADOS



Sombra



Riego regular





FRIJOLILLO / *Cojoba arborea*

USOS GENERALES



MADERABLES



GANADERÍA



APICULTURA



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA

Pertenece a la familia de las Leguminosas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 30 m y diámetros hasta de 1 m. Tienen el tronco recto y la copa redondeada y densa, compuesta de ramas gruesas y ascendentes. Es perennifolio, florece de octubre a junio y fructifica entre abril y octubre.

OTROS NOMBRES

Coralillo, frijolillo, buché.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

S.L.P., Pue., Gro., Ver., Tab.

SUELO Y CLIMA

A orilla de ríos, especie conocida como riparia. Preferentemente en clima cálido.

ALTITUD

De 0 a los 2,500 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Selva alta o mediana perennifolia y subperennifolia.

USOS

Especie ornamental de madera dura y resistente, utilizada como leña, carbón, postes, manufactura de muebles, sombra de poteros y cerco vivo. Ideal para la decoración de interiores, pisos y esculturas. Flores melíferas que contribuyen a la producción de miel de buena calidad.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Debido a su rápido crecimiento y fácil adaptación a suelos compactados, tiene potencial para reforestación y restauración ecológica de sitios degradados.

ÉPOCA DE SIEMBRA



agosto - septiembre

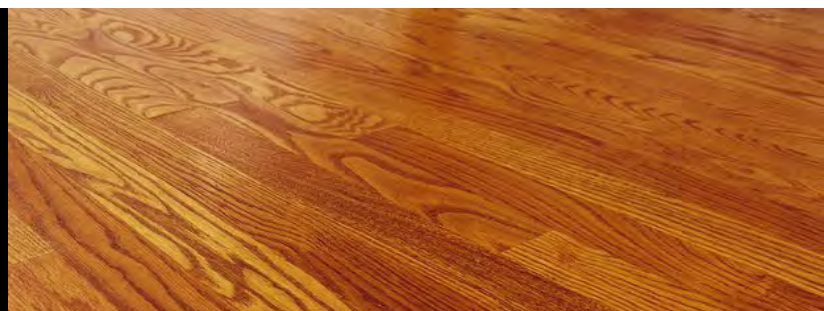
CUIDADOS



Media sombra



Riego abundante



NACAXTLE / *Enterolobium cyclocarpum*

USOS GENERALES



MADERABLES



GANADERÍA



APICULTURA



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA

El nacaxtle pertenece a la familia de las Leguminosas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 30 m y diámetros hasta de 3 m. Tienen el tronco recto y la copa hemisférica o redondeada, abierta y compuesta de ramas gruesas y ascendentes. Es caducifolio, florece de marzo a mayo y fructifica entre abril y julio.

OTROS NOMBRES

Guanacaste, parota, orejón.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Tams., Ver., Tab., Sin., Chis.

SUELO Y CLIMA

En suelos bien drenados, tolera la salinidad, las inundaciones y los vientos fuertes. En clima cálido húmedo.

ALTITUD

De 0 a 900 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Vegetación perturbada derivada de cualquier tipo de selvas.

USOS

Árbol utilizado para sombra en cafetales. Su madera se usa en la fabricación de muebles y papel, instrumentos musicales, construcciones rurales, utensilios de cocina y en la fabricación de canoas y ruedas de carreta. El extracto acuoso de la corteza tiene propiedades para curar la diarrea, bronquitis y resfriados. Las flores son melíferas y contribuyen a la producción de miel de buena calidad. El ácido tánico procedente de la corteza se utiliza para curtir pieles.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Fija nitrógeno, productor de materia orgánica.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - septiembre

CUIDADOS



Sol



Riego abundante





HIGUERÓN / *Ficus aurea*

USOS GENERALES



GANADERÍA



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA



ORNAMENTALES



MEDICINAL

El higuierón pertenece a la familia Moraceae, árbol de hasta 30 m de altura. De copa redondeada y amplia que proporciona una sombra densa, con raíces aéreas que llegan hasta el suelo y enraízan formando pilares. Con un tronco grueso de corteza lisa y grisácea, que se oscurece y se torna escamosa con los años.

OTROS NOMBRES

Amate, matapalo, higuera blanca.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Tams., Pue., Ver., Tab., Camp.

SUELO Y CLIMA

En suelos calizos o aluviales con buen drenaje dentro del clima cálido.

ALTITUD

De 0 a 800 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Selva mediana.

USOS

Especie utilizada como sombra para potreros. Los frutos son fuente de alimento para aves, mamíferos, reptiles e invertebrados. El látex es usado como medicamento para expulsar parásitos intestinales. Árbol utilizado para decorar parques y jardines.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Atractor de fauna. Conservación de suelos, estabilización de cauces fluviales y restauración de terrenos estériles.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - septiembre

CUIDADOS



Sol



Riego ligero





TINTO / *Haematoxylum campechianum*

USOS GENERALES



INDUSTRIAL



MADERABLES



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA

El tinto pertenece a la familia de las Leguminosas. Es un árbol que llega a medir 6 m de altura. Es perenne.

OTROS NOMBRES

Palo tinto, palo de Campeche, yaga - cohui (zapoteco).

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Yuc., Camp., Q.R.

SUELO Y CLIMA

Se desarrolla sobre suelos planos, profundos y arcillosos. De clima cálido.

ALTITUD

De 0 a 100 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Selva baja subcaducifolia.

USOS

Es utilizado tradicionalmente para teñir telas. Además, se obtiene hematoxilina férrica para laboratorios de histología. Especie comestible pero de escaso valor alimenticio.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Especie que puede crecer muy bien en zonas pantanosas, ayudando a la estabilización de los cauces fluviales y protección de mantos acuíferos.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - septiembre

CUIDADOS



Media sombra



Riego regular



USOS GENERALES



AGROFORESTERÍA



FRUTALES



APICULTURA



GANADERÍA

CHALAHUITE PACHÓN / *Inga pavoniana*

El chalahuite pachón pertenece a la familia de las Leguminosas, árbol de hasta 15 m de altura, florece entre los meses de agosto a mayo, especialmente de noviembre a febrero; los frutos maduran en época de lluvias.

OTROS NOMBRES

Vainillo pachón, chalahuite hoja ancha, chalahuite amargo.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Gro., Oax., Chis., Pue., Ver.

SUELO Y CLIMA

Prefiere suelos húmedos (especie riparia), crece en clima cálido a templado.

ALTITUD

De 0 a 1,000 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Bosque tropical húmedo.

USOS

Árbol melífero usado como sombra para cultivos de café, su madera es útil como leña. Vaina comestible.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Restauración ecológica, atractor de fauna silvestre.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - octubre

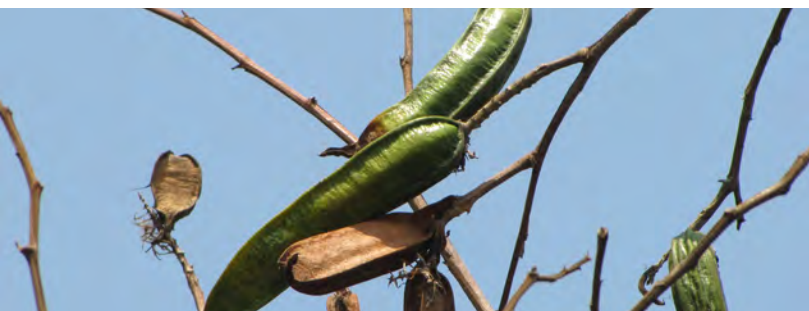
CUIDADOS



Sol



Riego regular





CHALAHUITE / *Inga vera*

USOS GENERALES



AGROFORESTERÍA



APICULTURA



GANADERÍA



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA

El chalahuite pertenece a la familia de las Leguminosas, árbol de hasta 10 m de alto y diámetro a la altura del pecho de hasta 20 cm, florece de septiembre a noviembre, los frutos maduran en los meses de noviembre a febrero.

OTROS NOMBRES

Vainillo, agotope.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Ver., Tab., Camp., Q.R., Chis.

SUELO Y CLIMA

Prefiere suelos húmedos (especie riparia), crece en clima cálido a templado.

ALTITUD

De 0 a 1,400 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Selva media perennifolia y subperennifolia.

USOS

Árbol melífero usado como sombra para cultivos de café. Es maderable, utilizado para postes, estacas y mangos de herramientas agrícolas, sirve también como leña. La pulpa algodonosa que envuelve la semilla es comestible.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Apropiado para la recuperación de terrenos degradados, debido a que fija nitrógeno del aire.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - octubre

CUIDADOS

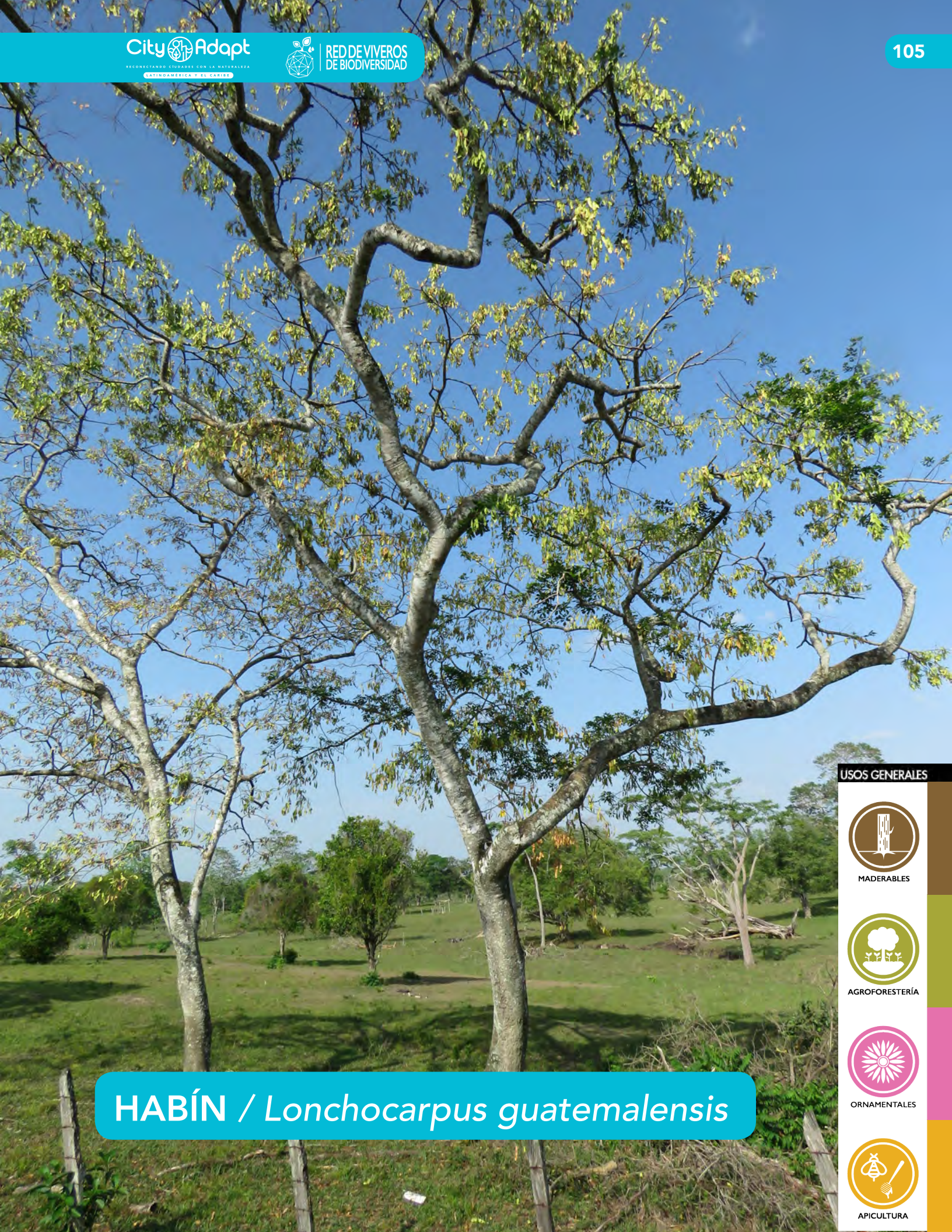


Sol



Riego regular





HABÍN / *Lonchocarpus guatemalensis*

USOS GENERALES



MADERABLES



AGROFORESTERÍA



ORNAMENTALES



APICULTURA

El habín pertenece a la familia Fabaceae, árbol de 15 hasta 35 m de alto y de 40 hasta 100 cm de diámetro, tronco cilíndrico y recto, contrafuertes insinuados y pequeños. Florece de marzo a junio, fructifica de julio a septiembre.

OTROS NOMBRES

Cuil, palo de chombo, cincho.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Ver., Camp., Q.R., Sin., Chis.

SUELO Y CLIMA

En suelos profundos pero se adapta a condiciones adversas dentro del clima cálido.

ALTITUD

De 0 a 1,000 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Selva alta y mediana subperennifolia.

USOS

Árbol melífero usado como sombra en cultivos de café. Su madera se usa como leña, en la construcción y en la carpintería. La corteza se emplea en la fabricación de insecticidas.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Útil para recuperar terrenos degradados. Mejora la fertilidad del suelo.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - septiembre

CUIDADOS

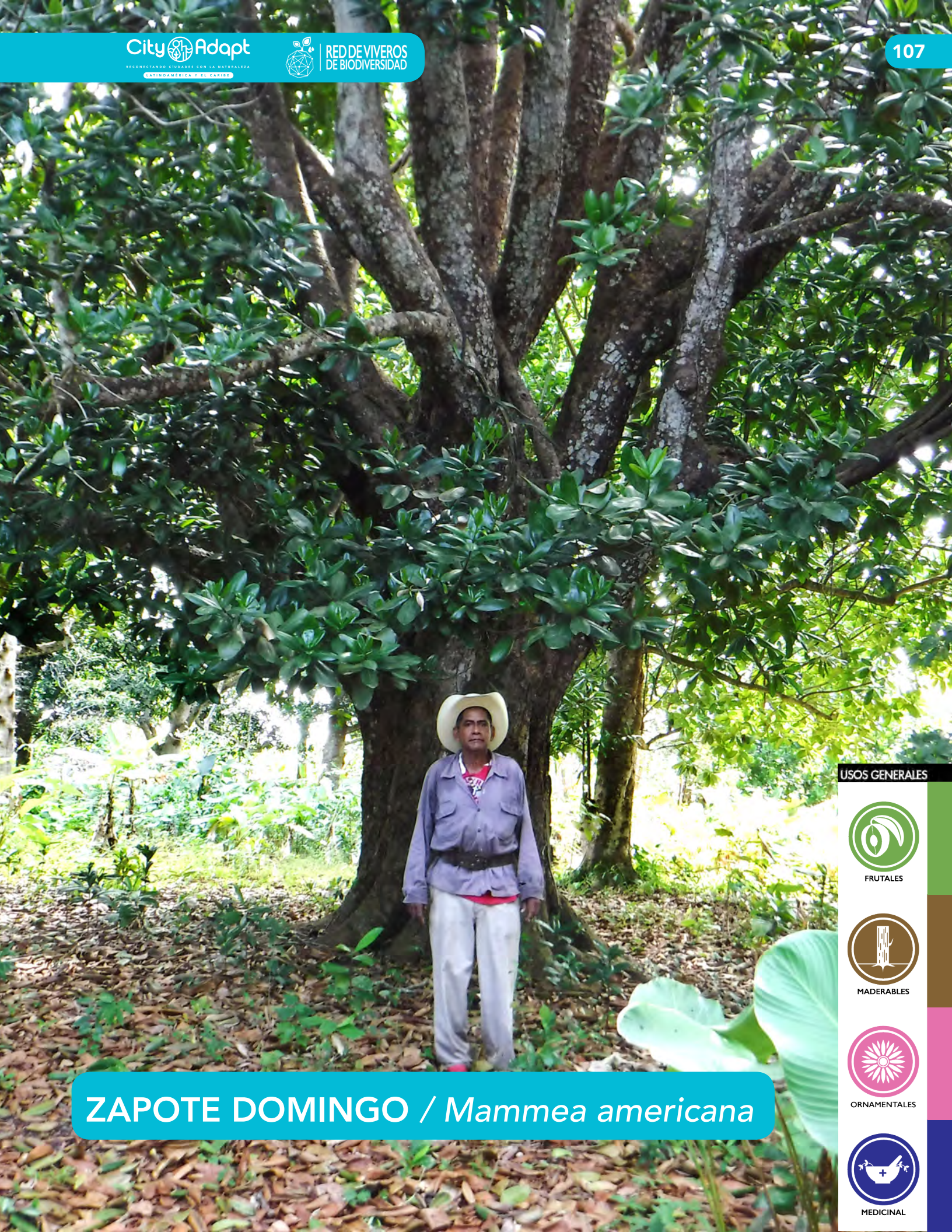


Media sombra



Riego ligero





USOS GENERALES



FRUTALES



MADERABLES



ORNAMENTALES



MEDICINAL

ZAPOTE DOMINGO / *Mammea americana*

Pertenece a la familia Clusiaceae, alcanza de 18 a 21 m de altura. Sus hojas son grandes, duras, de color verde oscuro en el anverso y verde pálido en el reverso, con las puntas redondeadas. Flores blancas y aromáticas. Tiene los frutos ligeramente redondos, con la cáscara gruesa y áspera, de color café claro y la pulpa es rojiza - anaranjada y dulce.

OTROS NOMBRES

Mamey amarillo, mamey de Santo Domingo.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Camp., Chis., Oax., Pue., Ver., Tab.

SUELO Y CLIMA

En suelos ricos y con buen drenaje o en zonas riparias. De clima cálido.

ALTITUD

De 0 a 1,000 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Bosques húmedos y muy húmedos.

USOS

Árbol frutal y ornamental. Fruto comestible de gran valor comercial, rico en vitamina A, C y B2; es aprovechado tanto por el hombre como por la fauna silvestre. Todas las partes del mamey tienen propiedades insecticidas. Las hojas se utilizan para tratar problemas de diarrea y fiebre. Madera dura y resistente, fácil de trabajar, útil en estantería, artículos torneados, vigas, elementos decorativos de casas lujosas y revestimiento interior.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Es apropiado para estabilización de cauces fluviales, protección de mantos acuíferos y conservación de suelos.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - septiembre

CUIDADOS



Media sombra



Riego regular





APOMPO / *Pachira aquatica*

USOS GENERALES



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA



GANADERÍA



MADERABLES

El apompo pertenece a la familia de las Bombacáceas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 30 m y diámetros hasta de 90 cm. Tronco grueso y torcido con contrafuertes bien desarrollados en la base, la copa es irregular y abierta, compuesta de ramas gruesas y ascendentes. Es perennifolio, florece y fructifica la mayor parte del año.

OTROS NOMBRES

Palo de agua, zapote de agua, zapote bobo, zapotón.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Ver., Tab., Camp., Q.R., Chis.

SUELO Y CLIMA

En zonas inundables y húmedas dentro del clima cálido.

ALTITUD

De 0 a 50 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Bosques tropicales perennifolio y caducifolio, vegetación acuática y de dunas costeras.

USOS

Árbol forrajero útil en la restauración ecológica, es atractor de fauna silvestre, se usa como cerco vivo. Madera suave y fibrosa ideal para construir canoas y postes para cerca. Sus semillas son comestibles.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Apropiado para la estabilización de cauces fluviales y protección de mantos acuíferos.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - octubre

CUIDADOS



Sol



Riego abundante





HAYA / *Platanus mexicana*

USOS GENERALES



ORNAMENTALES



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA



MADERABLES



MEDICINAL

El haya pertenece a la familia de las Platanáceas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 40 m y diámetros hasta de 3 m. Tienen el tronco recto y cilíndrico, corpulento y la copa piramidal o redondeada, compuesta de ramas gruesas horizontales o ascendentes. Es caducifolio, florece de enero a mayo y fructifica entre agosto y noviembre.

OTROS NOMBRES

Sicomoro, alamo, guayabillo, acuahuitl, chicolcohuite.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

N.L., S.L.P., Ver., Pue.

SUELO Y CLIMA

En suelos pedregosos a orillas de ríos. Exclusivo del clima templado.

ALTITUD

De 600 a 1,800 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Vegetación riparia, bosque de niebla, selvas bajas caducifolias.

USOS

La madera es útil para la manufactura de artículos artesanales, construcciones rurales, elaboración de utensilios domésticos y leña. La infusión de las hojas se emplea contra el asma. Su principal uso es como planta de ornato. Con la madera se elaboran artículos deportivos y torneados, molduras, puertas y bastidores. Se recomienda para chapa decorativa y acabado de muebles.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

De rápido crecimiento con potencial para la reforestación y restauración ecológica.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - agosto

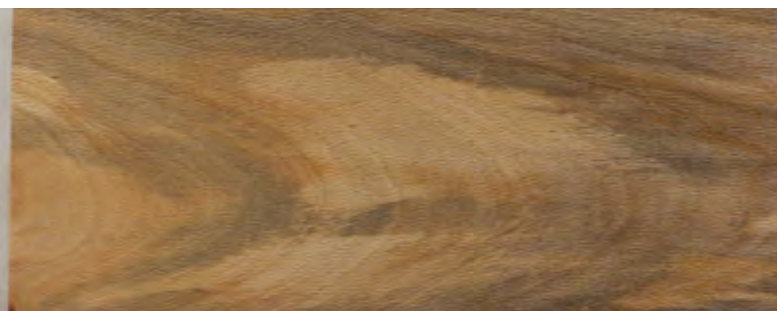
CUIDADOS



Sol



Riego regular





SAUCE / *Salix humboldtiana*

USOS GENERALES



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA



MEDICINAL



ORNAMENTALES



INDUSTRIAL

El sauce pertenece a la familia de las Salicáceas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 15 m y diámetros hasta de 40 cm. Tienen el tronco recto y la copa irregular y dispersa, compuestas de ramas delgadas ascendentes y posteriormente colgantes. Es perennifolio, florece de febrero a abril y fructifica entre julio y agosto.

OTROS NOMBRES

Mimbre, pájarobobo, sauce amargo, sauce blanco.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

N.L., Tab., Camp., Chis., Ver.

SUELO Y CLIMA

En riberas y zonas inundables dentro del clima cálido.

ALTITUD

De 0 a 1,200 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Selva mediana subperennifolia, baja caducifolia, bosque de niebla.

USOS

Especie ornamental, sirve para evitar la erosión en las riberas de los ríos, la corteza en infusión se emplea para combatir fiebres y reumatismo. Árbol utilizado para el establecimiento de linderos, leña y carbón, herramientas agrícolas, postes, canastos y partes de muebles. Especie productora de propóleo.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Utilizado como cortina rompevientos y restauración de áreas ribereñas.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - septiembre

CUIDADOS



Sol



Riego regular



JAZMÍN / *Styrax glabrescens*

USOS GENERALES



ORNAMENTALES



MADERABLES



AGROFORESTERÍA



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA

El jazmín pertenece a la familia de las Estiracáceas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 16 m y diámetros hasta de 20 cm. Tienen el tronco recto y la copa redondeada y dispersa, compuesta de ramas delgadas y ascendentes. Es perennifolio, florece de febrero a junio, fructifica entre julio y agosto.

OTROS NOMBRES

Zapotillo, azahar de monte, azaharillo.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Qro., S.L.P., Tams., Ver., Pue.

SUELO Y CLIMA

En suelos profundos, húmedos y bien drenados, prefiere orillas de ríos. Se desarrolla en clima templado.

ALTITUD

De 900 a 1,900 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Bosque de pino y encino, selvas altas perennifolias.

USOS

Especie ornamental. La madera es empleada como leña en el medio rural. Localmente es utilizada como planta de ornato y sombra.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Especie que protege al suelo de la erosión, apropiada para reforestar áreas naturales de bosques caducifolios.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - octubre

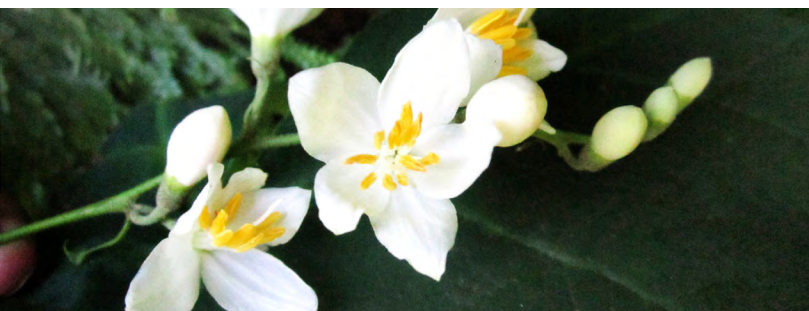
CUIDADOS



Media sombra



Riego regular



AHUEHUETE / *Taxodium huegelii*

USOS GENERALES



ORNAMENTALES



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA



MADERABLES

Pertenece a la familia de las Taxodiáceas. Alcanza alturas hasta de 40 m y diámetros hasta de 120 cm. Tiene el tronco recto, con frecuencia se bifurca o trifurca casi cerca de la base. La copa es dispersa y amplia compuesta de ramas gruesas y ascendentes. Es perennifolio, produce conos de febrero a marzo que maduran entre mayo y junio.

OTROS NOMBRES

Ahuehuete, sabino, ciprés de Moctezuma.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

Pue., Ver., Tams., Edo. Méx., Zac.

SUELO Y CLIMA

Cerca de pantanos, arroyos y manantiales. De clima templado y frío.

ALTITUD

De 500 a 3,000 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Bosque de galería, vegetación acuática y subacuática.

USOS

Árbol con un gran valor cultural, es maderable y tiene propiedades medicinales. La madera es utilizada para la fabricación de canoas, postes y vigas. El follaje es utilizado en arreglos florales y ceremonias.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Utilizado como indicador de mantos acuíferos superficiales y para la restauración en parques y orillas de ríos.

ÉPOCA DE SIEMBRA



Todo el año (mejor en época de lluvias).

CUIDADOS



Sol



Riego regular





OLMO / *Ulmus mexicana*

USOS GENERALES



AGROFORESTERÍA



MADERABLES



RESTAURACIÓN
ECOLÓGICA

El olmo pertenece a la familia de las Ulmáceas. Los individuos alcanzan alturas hasta de 50 m y diámetros hasta de 2.5 m. Tienen el tronco recto y la copa piramidal o redondeada, densa, compuesta de ramas gruesas y ascendentes. Es caducifolio, florece de febrero a marzo y fructifica entre marzo y abril.

OTROS NOMBRES

Tlacacuahuitl, zempoalehuatl, cuerillo, palo de baqueta.

¿DÓNDE SE ENCUENTRA?

S.L.P., Pue., Ver., Tab., Chis.

SUELO Y CLIMA

En suelos húmedos y cercanos a ríos. De clima templado.

ALTITUD

De 900 a 2,200 msnm.

VEGETACIÓN DONDE CRECE

Selva alta perennifolia, mediana subperennifolia, bosque de niebla y bosque de encino.

USOS

Especie ornamental usada como sombra en plantaciones de café. Tiene madera dura y pesada útil para artículos torneados, construcción de viviendas rurales y elaboración de cajas de empaque.

PARA REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN

Tiene potencial para la restauración ecológica en áreas perturbadas de bosques caducifolios y contribuir a la regeneración de la cubierta vegetal.

ÉPOCA DE SIEMBRA



junio - septiembre

CUIDADOS



Sol



Riego ligero



4. Referencias

Carabias J, de la Maza J y Cadena R (coords.). (2015). Conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona. México, Natura y Ecosistemas Mexicanos. 115-128.

Carrillo-Lemus JF, Jiménez-Hernández D, Megia-Vera HJ, Castañeda-López A y Cabrera-Pérez S. (2015). Caracterización de la vegetación riparia del río Chicozapote del municipio de Cárdenas, Tabasco. Trabajo presentado en: 3° Congreso Nacional AMICA 2017. Villahermosa, Tabasco.

Chazdon RL y Guariguata MR. (2018). Herramientas de apoyo a decisiones para la restauración del paisaje forestal: estado actual y futuro. Documentos Ocasionales 189. Bogor, Indonesia: CIFOR. 64 p.

Clavijo Otálvaro KJ y López Barrera EA. (2017). Propuesta metodológica de restauración para la vegetación riparia a partir de la variación de la composición florística en diferentes épocas climáticas del humedal Torca-Guaymaral. Producción + Limpia. 12:49-62.

Climate-data. (2020, junio). climate-data.org.

Coppin NJ y Richards IG. (1990). Use of Vegetation in Civil Engineering, UK: CIRIA.

Cruz Flores G y Guerra Hernández EA (eds). (2017). Ecosistemas ribereños de montaña: descripción y estudio. Universidad Nacional Autónoma de México. 178 p.

Downs SM. (2010). Manual de Bioingeniería, reduciendo riesgos y adaptándonos al cambio climático. Cooperación Suiza en América Central. Managua, Nicaragua.

Elosegui A y Sabater S (eds). (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Rubes editoriales. España. 444 p.

Granados-Sánchez D, Hernández-García MÁ y López-Ríos GF. (2006). Ecología de las Zonas Riparias. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 12 :55-69.

Gray DH y Leiser AT. (1982). Biotechnical Slope Protection for Erosion Control. Nueva York. Van Nostrand Reinhold Compan. 271 pp.

Guswa AJ. (2010). Effect of plant uptake strategy on the water-optimal root depth. Water Resources Research: 46. 1-5.

Helgard Zeh. (2007). Ingeniería Biológica, Manual Técnico, Federación Europea de Ingeniería del Paisaje, Zürich, Alemania.

Horacio J y Ollero A. (2011). Clasificación geomorfológica de cursos fluviales a partir de sistemas de información geográfica (SIG). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles. 56: 373-396.

INEGI. (2017). Conjunto de datos vectoriales de la carta de Uso del suelo y vegetación. Escala 1: 250,000. Serie VI. Conjunto Nacional.

INEGI. (2008). Conjunto de datos vectoriales escala 1: 1,000,000. Unidades climáticas.

López-Elizalde EC. (2013). Beneficios de la implementación de áreas verdes urbanas para el desarrollo de ciudades turísticas. *Revista de Arquitectura, Urbanismo y Ciencias Sociales*. Volumen IV, número 1.

López-Velázquez R, Cházaro-Bazañez M, González Maldonado RM. y Covarrubias Legaspi H. (2011). Árboles de las barrancas de los ríos Santiago y Verde. CEA Jalisco, Dirección de Cuencas y Sustentabilidad. Gobierno de Jalisco. Comisión Estatal del Agua de Jalisco.

Magdaleno-Mas F. (2017). *Funciones y funcionamiento del bosque de ribera. Área de Ingeniería Ambiental Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas CEDEX, España*. 1-6 p.

Meli P y Carrasco-Carballido V. (2011). Restauración ecológica de riberas: Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Corredor Biológico Mesoamericano México, Serie Diálogos, Número 5. 62 p.

Mendoza-Cariño M, Quevedo-Nolasco A, Bravo-Vinaja Á, Flores-Magdaleno H, de la Isla de Bauer ML., Gavi-Reyes F y Zamora-Morales BP. (2014). Estado ecológico de ríos y vegetación riparia en el contexto de la nueva Ley General de Aguas de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 30: 429-436.

Naiman RJ y Décamps H. (1997). The ecology of interface: Riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 28: 621–658.

Pasquale N, Perona P, Francis R y Burlando P. (2012). Effects of streamflow variability on the vertical root density distribution of willow cutting experiments. *Ecological Engineering*. 40: 167– 172.

Ramírez-Soto AF, Villa-Bonilla B y Sheseña-Henández IM (Eds). (2021). Catálogo de árboles de la

Red de Viveros de Biodiversidad. Red de Viveros de Biodiversidad y Cuencas Costeras y Cambio Climático C6. Coatepec, Veracruz. 315 p.

Riis T, Kelly-Quinn M, Aguiar FC, Manolaki P, Bruno D, Bejarano MD, Clerici N, Fernandes MR, Franco JC, Pettit N, Portela AP, Tammeorg O, Tammeorg P, Rodríguez-González PM, Dufour S. (2020). *Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation*. *BioScience*. 70: 501-514.

Riley RW y Kent CPS. (1999). Riley encased methodology: principles and process of mangrove habitat creation and restoration. *Mangroves and Salt Marshes*. 3: 207-213.

Rodríguez-Téllez E, García de Jalón D, Pérez-López ME, Torres-Herrera SI, Ortiz-Carrasco R, Pompa-García M, Morales-Montes M, García-García DA, Zamudio-Castillo E y Vázquez-Vázquez L. (2016). Caracterización de la calidad ecológica del bosque de galería del río La Saucedá, Durango, México. *Hidrobiológica*. 26: 35-40.

Rood SB, Bigelow SG y Hall AA. (2011). Root architecture of riparian trees: river cut-banks provide natural hydraulic excavation, revealing that cottonwoods are facultative phreatophytes. *Trees*. 25: 907–917.

Sangalli P. (2019). *Bioingeniería fluvial: manual técnico para el ámbito cantábrico*. Proyecto H20 Gurea. 173 p.

Tron S, Perona P, Gorla L, Schwarz M, Laio F y Ridolfi L. (2015). The signature of randomness in riparian plant root distributions. *Geophysical Research Letters*. 42: 7098–7106.

Williams-Linera G, López-Barrera F y Bonilla-Moheno M. (2015). Estableciendo la línea de base para la restauración del bosque de niebla en un paisaje periurbano. *Madera y bosques*. 21: 89-101.



www.cityadapt.com / www.revivemx.org