

¿Qué es la Bioingeniería?

La bioingeniería puede definirse como:

La inclusión de pastos, arbustos, árboles y otros tipos de vegetación en el diseño de ingeniería para mejorar y proteger laderas, terraplenes y estructuras de los problemas relacionados con la erosión y otros tipos de derrumbes superficiales en laderas.

La bioingeniería proporciona soluciones eficaces en términos de costo a muchas de las preocupaciones medioambientales conexas al desarrollo de la infraestructura y a la creciente erosión del suelo. Debe pensarse como una habilidad que los ingenieros pueden emplear para aumentar la efectividad de su trabajo.

Durante cientos de años se han practicado y registrado prácticas en las que se usa la vegetación como un medio para mejorar y proteger la tierra. Sin embargo, este nunca ha sido un uso sostenido, y con la llegada del concreto y los siempre ambiciosos proyectos de ingeniería, las prácticas se han perdido o se pasan por alto. En los últimos 15 años, la exigencia de una ingeniería ambientalmente sólida y eficaz en términos de costo, ha dado un nuevo impulso a la bioingeniería. Si bien la tradición europea ha dominado el desarrollo de la bioingeniería, muchas otras regiones han iniciado sus propios programas y actualmente existe mucha experiencia en la aplicación de la bioingeniería proveniente de EE.UU., Nueva Zelanda, Japón, Hong Kong y Nepal.

En los últimos años se han publicado varios libros específicamente sobre bioingeniería, por ejemplo los de Gray y Leiser (1982), Coppin y Richards (1990) y Morgan y Rickson (1995). Existen dos redes internacionales de bioingeniería que diseminan información al respecto en el mundo: el Grupo Europeo de Bioingenieros con sede en Suiza y el Grupo Internacional de Bioingenieros con sede en el Reino Unido.

La aplicación de la Bioingeniería a la Región del Caribe

Características regionales

La topografía, geología y clima del Caribe es tal que las islas montañosas que se encuentran en la cadena interior de las Islas de Barlovento y en la Antillas Mayores son muy susceptibles a los deslizamientos de tierra y a la erosión del suelo ya sea que ocurran en forma natural o inducidas por actividades humanas .

Topografía y geología

La topografía del Caribe es variada: las tres islas de las Antillas Mayores (La Española, Jamaica y Puerto Rico) presentan características montañosas diferenciadas, mientras que Cuba tiene extensas planicies de tierras bajas. Entre las Antillas Menores, las Islas de Barlovento pueden dividirse en dos grupos: una cadena exterior de islas de tierras bajas (desde Anguila a Barbados) y una cadena interna de islas montañosas (desde Saba a Grenada). Las Islas de Sotavento son empinadas o montañosas, similares al relieve de la cercana costa de tierra firme en Venezuela.

La cadena interior montañosas de las Islas de Barlovento, la cordillera montañosas al norte de Trinidad y las montañas escarpadas de Jamaica representan el tipo de topografía, clima y condiciones socioeconómicas donde se puede aplicar la bioingeniería. Las escarpadas laderas en estas áreas son una de las principales condiciones que favorecen los deslizamientos de tierra y la inestabilidad de los suelos, lo que obliga a las autoridades a gastar considerables sumas de dinero para controlar y reparar el daño resultante. Con frecuencia, los ángulos de los taludes están cerca del ángulo natural de reposo de los materiales subyacentes. Ligeros cambios en las condiciones de estabilidad, ya sean mecánicos o hidrológicos, pueden desencadenar el colapso de los taludes.

Mucho del material de estas áreas es de origen volcánico. Con frecuencia se encuentran capas alternas de ceniza, lava, inclinadas hacia fuera del respiradero central. Esta inclinación combinada con las condiciones de clima húmedo que favorecen el rápido desgaste de los materiales, favorece los deslizamientos de tierra. Los flujos y el deslizamiento de los escombros, el deslizamientos de rocas y los deslizamientos translacionales de tierra son procesos de derrumbe comunes. Además la región es un área sísmica activa, y los terremotos y temblores pueden desencadenar el colapso de las laderas.

Precipitación

El principal mecanismo desencadenante de los deslizamientos de tierra en las islas es la precipitación, que causa un aumento en la presión del agua de los capilares a lo largo de las fisuras en el suelo y en la masa rocosa. La cantidad de precipitación anual varía en forma considerable, no sólo de isla a isla, sino también dentro de la misma isla. La precipitación promedia entre menos de 500 mm y más de 9000 mm dependiendo de las condiciones topográficas. De julio a octubre los huracanes y las tormentas tropicales son una fuente de intensas precipitaciones y puede desencadenar deslizamientos de tierra en la región.

La tormenta tropical Debbie, por ejemplo, azotó Santa Lucía el 10 de septiembre de 1994. Hubo aproximadamente 87 mm de precipitación durante los siete días anteriores al 10 de septiembre. La tormenta comenzó por la noche del 9 de septiembre y cayeron entre 254 y 381 mm de lluvia (esta cantidad representa la precipitación promedio total para el mes de septiembre). La mayor intensidad de lluvia, el 80% del total, cayó entre las 03:00 y las 09:00 del 10 de septiembre. La tormenta causó graves inundaciones y desencadenó deslizamientos translacionales superficiales en toda la isla.

En Jamaica la lluvia asociada con el huracán Gilbert el 12 de septiembre de 1988 desencadenó cientos de deslizamientos de tierra en el área de Above Rocks en la parte centro-oriental de Jamaica. Los taludes colapsados son susceptibles a nuevos movimientos y algunos colapsaron de nuevo a fines de mayo de 1991 cuando hubo fuertes precipitaciones, si bien de menor duración y magnitud que en el huracán de 1988.

Algunos de los deslizamientos causados por el huracán Gilbert en Jamaica en 1988 ocurrieron a lo largo de las orillas de las carreteras. El Departamento de Geología de la Universidad de las Indias Occidentales realizó un estudio de los deslizamientos de tierra a lo largo de 108 Km. de las redes viales principales y secundarias accesibles en el área de Above Rocks. De los 108 Km. de carreteras estudiadas por los autores, unos 4.34 Km. resultaron bloqueados por un total de 478 deslizamientos que representan el 4% de toda el área de carretera, con una frecuencia de 4.4 deslizamientos por kilómetro.

Influencia humana

En pendientes geológicamente jóvenes que presentan un ángulo cercano al reposo, incluso pequeños cambios en el uso del suelo causados por actividades humanas pueden producir inestabilidad. Por ejemplo, el corte de un talud en una ladera para ampliar la alineación del camino o el reemplazo de vegetación de raíces profundas con cultivos anuales de raíces superficiales pueden producir un desequilibrio en los factores que la fracturación y las fuerzas que actúan sobre el área de corte. En Trinidad y Tobago, la mayoría de los deslizamientos de tierra mayores de 30 m en dimensión máxima ocurren a lo largo de taludes de corte. La concentración de los deslizamientos de tierra a lo largo de los caminos refleja tanto la presencia de zonas susceptibles a deslizamientos de tierra como los efectos de actividades perturbadoras de las pendientes.

Además de desencadenar deslizamientos de tierra y el movimiento de taludes, los factores antropogénicos pueden aumentar la tasa de la erosión del suelo. Los cambios en el drenaje producidos por el desarrollo urbano descontrolado, por ejemplo en el área de Páramo, al norte de Puerto España en Trinidad, pueden acelerar la erosión del suelo. Otros factores antro-po-génicos incluyen la tala de bosques para la agricultura, por ejemplo el cultivo del banano en pendientes fuertes en Santa Lucía y Dominica; y el manejo deficiente de la construcción de caminos así como la práctica de arrojar material de desecho a los lados de las caminos.

Áreas propensas a los deslizamientos de tierra y la erosión del suelo

Los deslizamientos de tierra y las fallas superficiales son por tanto comunes en áreas donde hay:

- Pendientes pronunciadas cercanas al ángulo de reposo o en ese ángulo
- Manto rocoso subyacente débil
- Condiciones de fuertes precipitaciones y huracanes
- Presión creciente de factores antropogénicos.

En el Caribe estas condiciones se encuentran, por ejemplo, en las Blue Mountains en Jamaica, en la parte sur occidental de St. Lucía y en la cadena montañosa norte de Trinidad. Es en áreas como estas donde el desarrollo de técnicas vegetativas apropiadas pueden brindar una solución eficaz con relación al costo para los problemas de erosión acelerada del suelo e inestabilidad de los taludes.

Consecuencias del daño de los deslizamientos de tierra y la erosión acelerada del suelo para el desarrollo sostenible de las islas

La economía de una isla puede verse gravemente afectada de varias maneras por los deslizamientos de tierra y la erosión acelerada del suelo:

- Reducción de la producción agrícola debido a la degradación del suelo y pérdida de tierra
- Daño a los recursos marinos tales como arrecifes de coral debido al aumento de la sedimentación; esto puede tener graves consecuencias para la industria del turismo
- Mayor sedimentación de los puertos: este es ahora un problema importante en la bahía de Kingston en Jamaica y en Puerto España en Trinidad
- Daños a la red vial que resultan en un aumento del costo del mantenimiento rutinario y periódico de la misma.

El último de estos cuatro efectos puede mitigarse mediante la aplicación de técnicas de bioingeniería.

Costos del daño de los deslizamientos de tierra y la erosión en el sector vial

El costo de la limpieza de los escombros que dejan los deslizamientos y la reparación de los daños en los caminos provocados por los deslizamientos de tierra y la erosión del suelo en el Caribe puede ser considerable.

- Los estimados oficiales del daño al sector vial causado por la tormenta tropical Gordon en Jamaica a mediados de noviembre de 1994 se han calculado en más de 2 millones de dólares (Oficina de Prevención de Desastres y Manejo de Emergencias, 1994).
- De Graft *et al* (1989) han calculado que en San Vicente, Santa Lucía y Dominica, el costo promedio anual de los daños causados por los deslizamientos de tierra en los caminos oscila entre \$115,000 y \$121,000 en años normales.
- El costo estimado de la limpieza de los escombros que dejan los deslizamientos de tierra y la reparación de los caminos en Dominica para el año fiscal de 1994-95 fue de \$186,000 (Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas).
- El costo promedio anual de la limpieza de los escombros que dejan los deslizamientos de tierra y la reparación de caminos en Trinidad fue de \$ 1.26 millones en 1979-86 y de \$ 0.96 millones para Tobago en 1985-86,
- De Graft *et al* han calculado que en un año promedio, el costo de la reparación del daño causado por deslizamientos de tierra a los caminos en todo el Caribe equivale a \$ 15 millones.

Los costos generales de mantenimiento también son considerables. En un estudio del Banco Mundial (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 1994) se señala que el mantenimiento de caminos en el Caribe y América Latina a menudo no se realiza de manera eficaz y eficiente. Como resultado, el ciclo de vida de los caminos tiende a ser en una serie de etapas: construcción; desgaste lento apenas visible, durante el cual el trabajo necesario para mantener el pavimento y el sistema de drenaje no se lleva a cabo; deterioro acelerado, colapso; y deterioro total. El estudio agrega que renovar las descuidadas redes viales del Caribe y Latinoamérica podría costar 25 mil millones de dólares, pero que con un mantenimiento vial apropiado y oportuno, los países necesitarían gastar sólo un tercio de esta cantidad.

Posibles soluciones

Estabilización de taludes a orillas de los caminos

Un aspecto importante del mantenimiento de los caminos es la estabilización y mantenimiento de los taludes a orillas de la vía. El uso de vegetación por sus propiedades ingenieras inherentes puede reducir la incidencia de la erosión del suelo y las fallas translacionales en los taludes de menos de 0.3 m de profundidad y proporcionar una solución eficaz en términos de costo para el manejo del derecho de vía.

No todas las fallas en las laderas y los problemas de erosión del suelo en el Caribe son aptos para bioingeniería, pero la evidencia sugiere que sí hay un papel para la bioingeniería, por ejemplo los deslizamientos de tierra desencadenados por las lluvias en Jamaica son fallas superficiales de los taludes confinadas a materiales no consolidados tales como suelos o mantos rocosos profundamente desgastados, a menudo fracturados y quebradizos. Los deslizamientos por lo general tienen una profundidad de superficie de ruptura de menos de 0.4 m, que es lo suficientemente superficial para que la bioingeniería sea efectiva tanto en la rehabilitación y la prevención de futuros colapsos.

La influencia de la vegetación en los taludes

La influencia de la vegetación en las condiciones de los taludes puede definirse de dos maneras, p. ej. Influencias hidrológicas y mecánicas:

Hidrológicamente, la vegetación influye sobre la velocidad y el volumen del flujo del agua hacia y sobre una superficie de talud mediante los procesos de intercepción, flujo radicular, evaporación de gotas en las hojas, evapotranspiración e infiltración;

Mecánicamente, la vegetación aumenta la fortaleza y competencia del suelo en el cual está creciendo y por lo tanto contribuye a su estabilidad.

La bioingeniería utiliza los efectos mecánicos e hidrológicos benéficos de una comunidad de plantas para cumplir una función de ingeniería. La vegetación puede aumentar la resistencia del suelo al agrietamiento, proteger de la erosión laminar una superficie de suelo expuesta y atrapar las partículas de suelo que se deslizan por el talud. Las habilidades de la bioingeniería se encuentran en la movilización de los efectos benéficos de la vegetación en cualquier situación. La vegetación que es seleccionada para las condiciones particulares del lugar, que se establece bien y se siembra con suficiente densidad, puede proporcionar una eficaz protección a la superficie del talud.

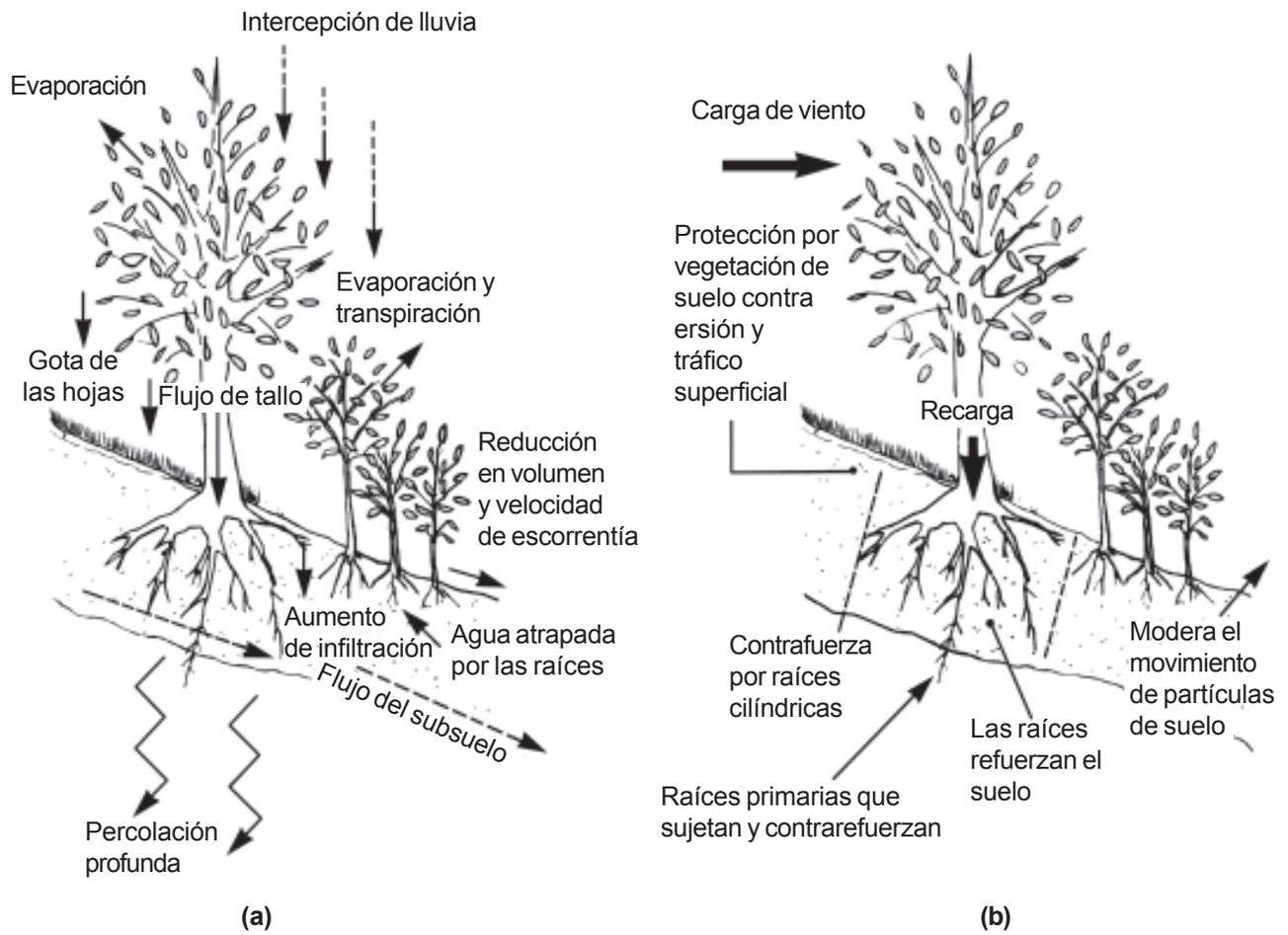


Figura 1 Efectos físicos de la vegetación (a) efectos hidrológicos; (b) efectos mecánicos (según Coppin y Richards, 1990)

Cuadro 1 Resumen de los efectos beneficiosos y adversos de la vegetación (Coppin y Richards, 1990)

Efectos hidrológicos

El follaje intercepta la lluvia y causa:

1. Pérdidas por absorción y evaporación, lo que reduce el agua de lluvia disponible para la infiltración. ✓
2. Reducción en la energía cinética de las gotas de lluvia y por ende de su efecto erosivo. ✓
3. aumento del tamaño de las gotas mediante el goteo de la hojas, lo que aumenta la intensidad de la lluvia localizada. ✗

Los tallos y las hojas interactúan con el flujo en la superficie del suelo, lo que resulta en:

1. Mayor capacidad de retención y por ende mayor volumen de agua para infiltración. ✓/✗
2. Mayor severidad/ agitación en el flujo de aire y agua, lo que reduce su velocidad. ✓
3. La vegetación amontonada/ apilada puede resultar en un alto arrastre localizado, concentrando el flujo y aumentando la velocidad ✓

Las raíces permeabilizan el suelo, lo que conduce a:

1. Abrir la superficie y aumentar la infiltración ✗
2. Extracción de la humedad que se va a la atmósfera como transpiración, bajando la presión capilar y aumentando la succión del suelo ambos aumentan la fuerza del suelo, ✓
3. Acentuación de las fisuras por desecación lo que resulta en mayor infiltración. ✗

Las ventajas de la bioingeniería comparadas con las estructuras de ingeniería civil

La bioingeniería ha demostrado ser eficaz para controlar la erosión del suelo y los movimientos superficiales del subsuelo. Una estructura de bioingeniería es a menudo más eficaz con relación al costo que una estructura inerte por sí sola, debido a que:

- Si se establece y maneja bien, la vegetación tiende a fortalecerse con el tiempo, mientras que una estructura inerte se va debilitando con el tiempo, lo que hace que la bioingeniería tenga una mayor atracción;
- La bioingeniería utiliza materiales locales como vegetación y rocas; no depende de insumos importados ni de gastos en divisas.

Efectos mecánicos

Las raíces retienen las partículas de suelo y lo permeabilizan lo que resulta en:

1. Moderar el movimiento del suelo, reduciendo la erodabilidad ✓
2. Un aumento de su resistencia al corte a través de una matriz de fibras flexibles. ✓
3. Red de fibras superficiales que crea un efecto de estera (petate) flexible, que controla el estrato subyacente. ✓

Las raíces penetran el estrato profundo lo que brinda:

1. Anclaje en el estrato firme, fijando el manto del suelo a un subsuelo o manto rocoso estable. ✓
2. Apoyo para el manto de suelo ladera arriba a través de la contra fuerza y barrera que producen las raíces. ✓

Árboles altos, de manera que:

1. El peso puede sobrecargar el talud, aumentando los componentes de fuerza normales y talud abajo. ✓/X
2. Al estar expuesto al viento las fuerzas dinámicas se transmiten al suelo. X

Los tallos y las hojas cubren la superficie del suelo, de manera que:

1. Se absorbe el impacto del tráfico, lo que protege la superficie del suelo de daños. ✓
2. El follaje se aplana en flujos de alta velocidad, cubre la superficie del suelo y brinda protección contra flujos erosivos. ✓

-
- La bioingeniería es compatible con el medio ambiente.
 - En áreas donde el paisaje tiene un alto valor escénico, visualmente es mas aceptable que las estructuras de concreto.
 - La bioingeniería requiere el uso de mano de obra intensiva y, por consiguiente, ofrece oportunidades de empleo estacional a las comunidades locales y a los pequeños contratistas con conocimientos de agricultura y construcción rural.
 - Muchas de las especies que se utilizan en la bioingeniería pueden beneficiar a las comunidades locales al proveerlas de leña, forraje, fruta y materiales para fabricar artesanías.
-

Funciones de la vegetación

Cuadro 2 Funciones de protección de taludes

Función de ingeniería

Atrapa	El material erosionado que baja por el talud. Esta función la realizan los tallos de la vegetación. El movimiento puede ocurrir producto de la gravedad o con la ayuda del agua.
Protege	El talud contra la erosión superficial producto de la escorrentía y del salpique de las gotas de lluvia. Para ser eficaz se requiere una cobertura continua de vegetación baja. Las plantas de porte alto por si solas no protegen el talud ya que la velocidad terminal de las gotas de lluvia ocurre a unos dos metros aproximadamente.
Apoya	Una masa de suelo por la contra fuerza y barrera que producen las raíces. Esto se puede lograr con vegetación grande y pesada, como árboles, en la base del talud o a micro escala con una densa red de raíces de pasto que hacen contra fuerza a pequeñas cantidades de suelo.
Refuerza	El suelo por la presencia de una red de raíces que incrementa la resistencia del suelo al fraccionamiento. El grado de reforzamiento eficaz depende de la forma de las raíces y del tipo de suelo.
Drena	El exceso de agua del talud. La configuración de la plantación de la vegetación puede mejorar el drenaje del exceso de agua del talud, evitando la saturación y la caída repentina del material. La vegetación también puede ayudar a reducir la presión capilar dentro del talud.
Mejora	El entorno local, en particular el suelo y el micro clima. Esto promueve el crecimiento de otra vegetación ya sea de manera natural o mediante el manejo.

La vegetación desempeña seis funciones principales que contribuyen a proteger el talud. Estas están vinculadas a las características de las plantas que se requieren para realizar la función y a las especies idóneas disponibles en el Caribe.

Características de las plantas	Ejemplos de especies que se encuentran en el Caribe
<ul style="list-style-type: none"> • Material fuerte, numeroso y flexible con diámetros de hasta 0.5 m. • Capacidad para recuperarse después de sufrir un daño • Capacidad para recuperarse de la poda. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bambusa vulgaris</i> (bambú) puede detener ramas. • Pastos como <i>V. zizanioides</i> (pasto vetiver) puede detener material fino. • Barrera densa de <i>Gliricidia sepium</i> (madero negro, madriado)
<ul style="list-style-type: none"> • Densa cobertura de vegetación en la superficie • Dosel bajo • Hojas pequeñas 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>V. zizanioides</i> (pasto vetiver) • <i>Cynodon dactylon</i> (pasto Bermuda) • Leguminosas trepadoras como <i>Desmodium spp.</i> (<i>Desmodium</i>), <i>Pueraria thunbergiana</i> (Pasto Kudzu) y <i>Lablab purpureus</i> (frijol terciopelo)
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de raíces extensas, profundas y de amplia diseminación • Sistema de raíces densas y fibrosas • Las raíces fuertes mejoran la resistencia del suelo al fraccionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>B. vulgaris</i>(bambú) • <i>Mangifera indica</i> (mango) • <i>V. zizanioides</i>(pasto vetiver) • <i>Pennisetum purpureum</i> (pasto elefante, King grass)
<ul style="list-style-type: none"> • Características de las raíces de la planta • Raíces fuertes • Raíces fibrosas 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>V. zizanioides</i> (pasto vetiver) • <i>P. purpureum</i>(pasto elefante, King grass) • <i>B. vulgaris</i> (bambú)
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para resistir la erosión • Aumenta la infiltración • El área de la hoja es alta para mejorar la transpiración 	<ul style="list-style-type: none"> • Hileras de <i>V. zizanioides</i> (pasto vetiver) para dirigir y encauzar el agua lejos del sitio • <i>B. vulgaris</i> (bambú)
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para fijar nitrógeno • Grandes cantidades de abono orgánico (humus), hojarasca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plantas leguminosas como <i>Calliandra calothyrsus</i>, <i>G. Sepium</i> (madero negro, madriado), y <i>Leucaena spp.</i>(<i>Leucaena</i>).

Además de la principal función de ingeniería de la planta (véase el cuadro 2), estas deben:

- Tener semilla o material vegetativo disponible para la siembra en el área en cantidades suficientes.
- Ser fácil de propagar en las grandes cantidades que se requieren para obras extensas.
- Tolerar sitios con deficiencia de nutrientes que a menudo están sujetos a estrés de agua.
- Ser robustas y capaces de recuperarse de continuos movimientos en el talud o de aterramiento por despojos de erosión.
- Tener pocas probabilidades de convertirse en maleza invasora.
- Requerir poco mantenimiento después de sembradas.

Ejemplos de problemas de ingeniería que pueden repararse con el uso de técnicas de ingeniería.

En la construcción, rehabilitación y mantenimiento de caminos hay una serie de áreas donde se pueden utilizar los efectos beneficiosos de la vegetación para ayudar a reducir la erosión y mejorar la eficacia de estructuras de ingeniería civil. En muchos casos, el uso de la vegetación puede ser muy eficaz con relación al costo. La vegetación puede ayudar a reparar una pequeña falla antes de que se convierta en un problema mayor que es más costoso de resolver.

En el cuadro 3 se dan ejemplos de problemas de ingeniería en los que las técnicas de bioingeniería pueden utilizarse con eficacia.

Programación

Tiempo de las operaciones

Las técnicas para la estabilización de los taludes deben emplearse tan pronto como se haya dado forma al talud o el suelo se haya expuesto por las actividades de construcción.

La principal influencia en el tiempo de las operaciones es el inicio y patrón de la época lluviosa.

El ingeniero debe tratar de implementar las actividades de siembra de la bioingeniería al inicio de la época lluviosa. Esto asegura que las plantas tendrán suficiente humedad en el suelo para que puedan estabilizarse y desarrollarse antes de que inicie la estación seca. En aquellas áreas donde la estación seca es menos marcada, el tiempo de las operaciones es menos crítico. Para sembrar al inicio de las lluvias se debe preparar de antemano el semi-llero y el pasto para asegurar que éstos estén disponibles. La planificación y preparación de los insumos debe iniciar doce meses antes de proceder a sembrar.

Cuadro 3 Ejemplos de problemas de erosión de suelos e inestabilidad de taludes donde se pueden aplicar soluciones de bioingeniería

Problemas de erosión de suelo encontrados en el sector vial	Técnicas de bioingeniería en este manual que pueden ayudar a solucionar los problemas de erosión
<p>Bioingeniería en combinación con obras de ingeniería</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prevención de la socavación alrededor de los puntos de descarga del drenaje y de la alcantarilla • Prevención de la socavación alrededor de las estructuras en la interfaz entre el suelo y la estructura, como en cascadas, muros de retención en mamposería. • Protección contra el bloqueo de los desagües laterales por sedimentación. 	<p>Mini presas vivas de control Barreras densas Barrera de piedra con bolón pequeño Siembra de pasto vetiver Siembra de árboles y arbustos</p>
<p>Protección del suelo descubierto</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protección del suelo no compactado • Protección de los terraplenes compactados • Protección de taludes de corte expuestos en material suave • Protección del pie del talud contra la erosión que lo socava aumentando el porcentaje de pendiente. 	<p>Barreras densas Siembra de pasto vetiver Sampeado con rocas (al pie del talud) Siembra de árboles y arbustos Siembra de bambú en la base de los taludes</p>
<p>Rehabilitación y daños</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reparación de grietas y cárcavas • Rehabilitación de canteras y bancos de préstamo de material con taludes estables • Rehabilitación de fallas profundas 	<p>Mini presas vivas de control Barreras densas Siembra de grama de vetiver Barrera de zacate para detener la sedimentación Siembra de árboles y arbustos Siembra directa</p>
<p>Prevención y mayor estabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prevención de fallas traslacionales de menos de 0.3 m. de profundidad • Caídas menores de rocas en roca suave quebrada 	<p>Siembra de grama de vetiver Barrera densa</p>

Calendario teórico de eventos

Para un programa continuo con viveros de bambú y de pasto en el sitio pero con especies de árboles contratadas al vivero de un productor privado.

Cuadro 4 Calendario Teórico de eventos para Santa Lucía

Mes	Precipitación (mm)*	Actividad
Enero	135	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento del trabajo del año anterior
Febrero	91	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación del talud, recorte y obras menores de ingeniería (muros de piedra) construidos durante la estación seca.
Marzo	97	<ul style="list-style-type: none"> • Desramar y podar los árboles maduros y barreras establecidas.
Abril	86	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar y marcar tallos de bambú adecuados para la propagación.
Mayo	150	<ul style="list-style-type: none"> • Las barreras se colocan al inicio de la estación lluviosa • Establecer en un vivero estacas de bambú de un solo anillo para su siembra en el sitio el año siguiente. • Construir presas de control vivas con madera dura. • Establecer contratos de siembra con pequeños contratistas.
Junio	218	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciar en el sitio con la siembra de pasto, arbustos y plántulas cuando empiecen las lluvias. • Solicitar plantas para el programa de trabajo del próximo año.
Julio	236	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo de siembra, reparación de barreras densas y presas de control.
Agosto	269	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo de siembra, reparación de barreras densas y presas de control
Septiembre	252	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer viveros de zacate para la siembra del año siguiente.
Octubre	236	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazar las plantas que no prosperaron.
Noviembre	231	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar contratos para las actividades de los años siguientes.
Diciembre	198	

*Cifras mensuales promedio

Panel sombreado indica tiempo de siembra.

T é c n i c a s

Directrices detalladas para seis técnicas básicas de bioingeniería que han demostrado su utilidad en el sector vial.

Se incluyen hojas en blanco para que los usuarios desarrollen y registren sus propias variaciones, específicamente adecuadas a las condiciones locales

Leyenda: ✓ Técnica valiosa en ciertas condiciones de sitio
✗ Técnica no adecuada en ciertas condiciones de sitio

Descripción

Una minipresa viva de control se construye con plantas vivas y materiales locales. Una presa de control de este tipo es porosa y su principal objetivo es reducir la pendiente efectiva en una fisura o cárcava y así disminuir la velocidad del agua.

Función

Atrapa El sedimento que baja por una cárcava o fisura

Retiene El material erosionado que se deposita detrás de la presa de control

Drena

Refuerza El costado de la fisura o cárcava

Protege

Mejora

Usos de ingeniería

- Impedir que las fisuras se conviertan en grandes cárcavas
- Reparar pequeñas cárcavas con una profundidad máxima de 1 m y un ancho máximo de 2 m.
- Minimizar la cantidad de material erosionado de fisuras y cárcavas que llega a un sitio de disposición de escombros y que de otra manera entraría en los canales de desagüe naturales.
- Fortalecer canales de drenaje naturales en alcantarillas y sitios de descarga de las cunetas.

Condiciones en el sitio

- ✓ Lechos de cárcavas hasta de 40°.
- ✓ El tratamiento de las cárcavas que se forman en taludes de relleno compuestos por material no consolidado que es susceptible a la erosión.
- ✓ El tratamiento de las cárcavas que se forman en taludes de corte compuestos por escombros consolidados o matriz de roca arcillosa.

Mini Barreras Vivas de Control

Materiales

Estacas de madera dura de 1 a 2 metros de largo y 60 – 120 mm de diámetro de, por ejemplo, *Gliricidia sepium* (Madero negro) y *Eritrina corallodendrum* (Elequeme).

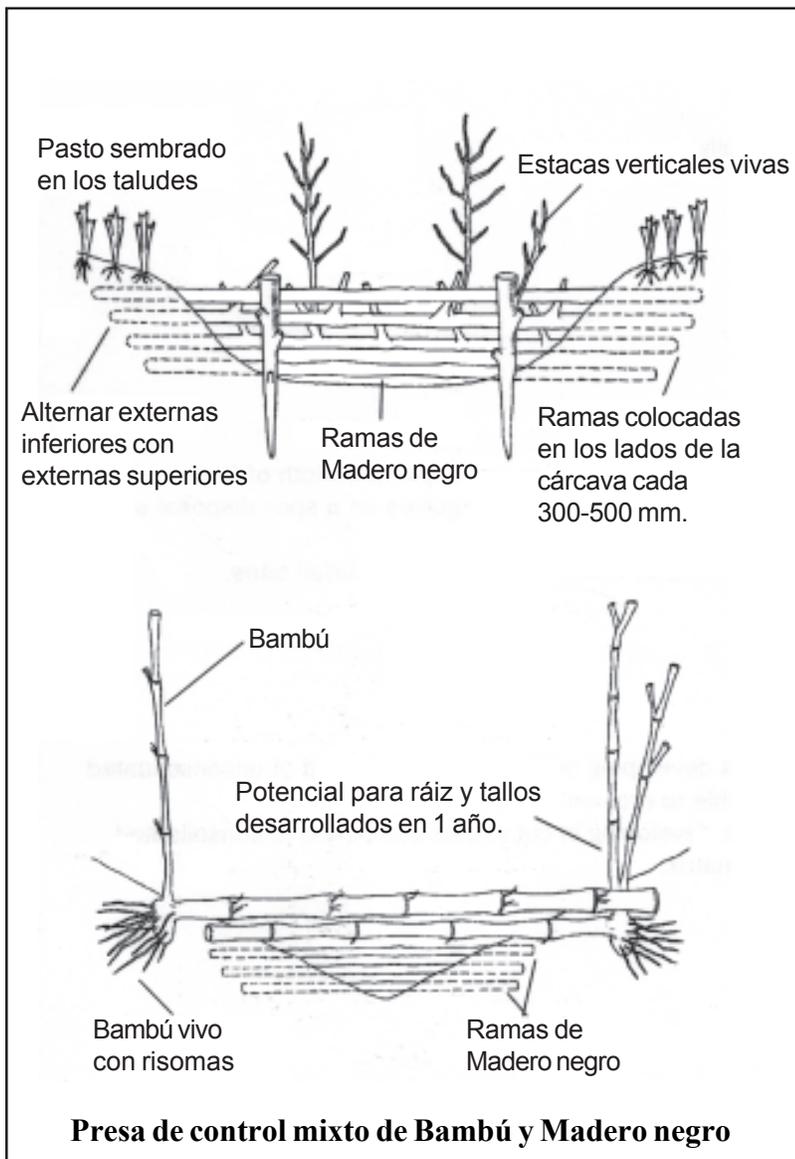
Tallos largos de *Pennisetum purpureum* (pasto elefante) para presas de control livianas y pequeñas

Bambusa vulgaris (Bambú) tallos de 2 - 3 años

Pastos robustos, como *Vetiveria zizanioides* (vetiver), con raíces fibrosas para reforzar los costados de las cárcavas

Maleza y piedras angulares para rellenar.

Pasos para la construcción



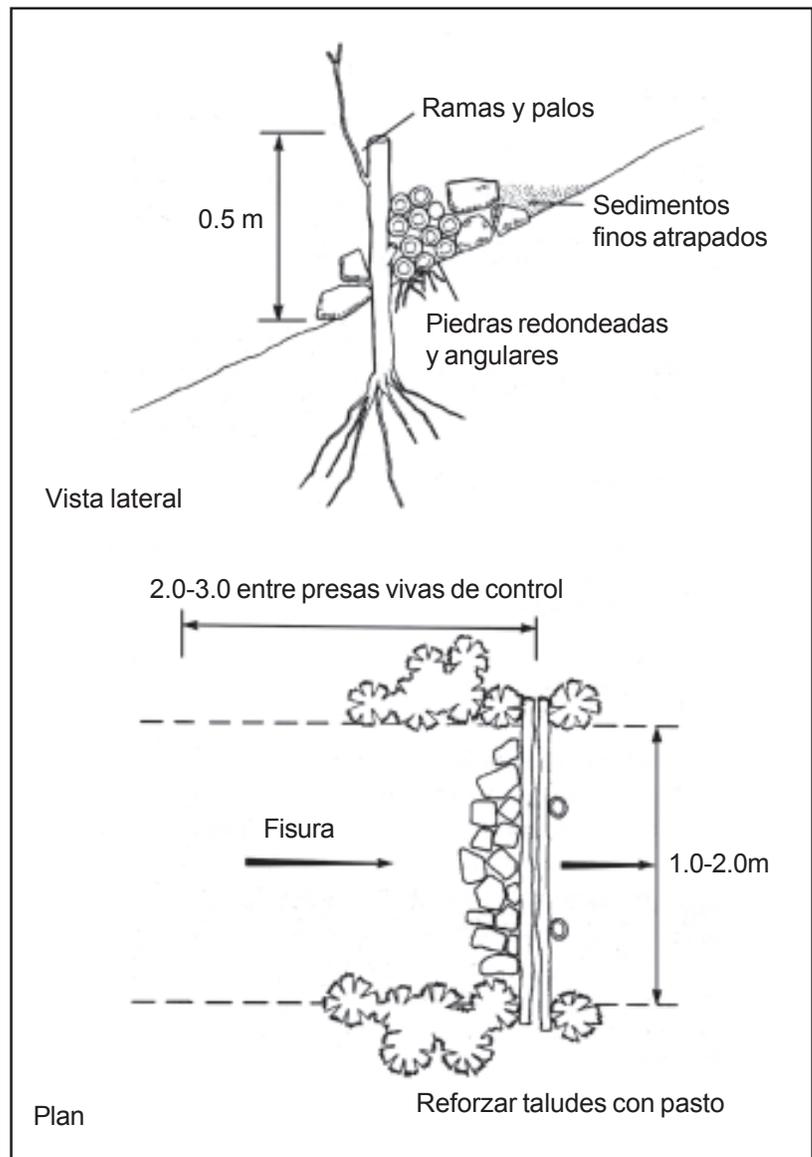
1. Recorte los taludes de la cárcava si son demasiado empinados. Cualquier exceso de material suelto que quede, bótelos aguas arriba de la presa de control.
2. Prepare fardos de 4 o 5 estacas de madera dura, alternando las estacas de manera que los extremos inferiores de algunas de las estacas queden adyacentes al extremo superior de otros.
3. Coloque el fardo de estacas en el costado de la cárcava a una profundidad de 300-500 mm y compacte el material alrededor del fardo.
4. 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 de refuerzo.

Herramientas

Barra
 Cutacha/machete
 Alambre de amarre
 Pala o piocha
 Nivel y mecate

5. Asegúrese de el centro de la presa de control está más abajo que los costados. Esto asegurará que el refluo se canalice por el centro de la cárcava lo que evitará socavación en los costados.
6. Rellene el área detrás de la presa con maleza local y piedras angulares. Siembre retoños o esquejes aguas arriba de los costados de la cárcava.
7. Calcule 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 cárcava a intervalos de 2-3 metros. Es preferible colocar numerosas presas pequeñas y no unas pocas presas grandes.

NB Véase las especificaciones A, C, y D.



Mini Barreras Vivas de Control

Manejo

Divida

Limpie

Abone

Control de Maleza

Resiembra

Reparación

Descope

▼
A 90 cm, utilice recortes y tallos para resiembra

Recorte



Año



Especies

Bambusa vulgaris (Bambú), *Gliricidia sepium* (madero negro), *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), *Vetiveria zizanioides* (pasto vetiver), *Erythrina corallodendrum* (Elequeme).

Variaciones o combinaciones

- En una mini presa viva de control se pueden utilizar recortes de diferentes especies
- La vegetación se puede utilizar en combinación con presas de control hechas con gaviones o mampostería para proteger las paredes laterales y los costados de las cárcavas.
- En cárcavas más anchas, se puede utilizar alambre galvanizado para ayudar a amarrar las ramas verticales y horizontales.

Mayor información

Coppin N.J. y Richards I.G. (1990) Use of Vegetation in Civil Engineering (**Uso de la vegetación en ingeniería civil**). UK: CIRIA. Especificaciones de diseño para presas de control se pueden encontrar en: Gray D.H. y Leiser A.T. (1982) **Biotechnical Slope Protection for Erosion Control (Protección biotécnica de taludes para el control de la erosión)**. Nueva York: Van Nostrand Reinhold Company. 271 pp.

Descripción

Una barrera densa forma un denso entorno que se establece a lo largo del talud utilizando material que tiene la capacidad de propagarse a partir de estacas de madera dura colocadas horizontalmente. Las barreras densas pueden soportar pequeños movimientos superficiales del talud y son fuertes en la tensión a lo ancho del talud.

Función

Captura	Material con un diámetro >100 mm que baje por el talud
Apoya	El talud que está inmediatamente arriba de la barrera
Drena	El talud utilizando barreras densas colocadas a 90° en el contorno del talud
Refuerza	El material del talud mediante una red de raíces
Protege	La superficie del talud del impacto de la lluvia mediante una densa y baja barrera
Mejora	El sitio al estabilizar las áreas y permitir la colonización natural.

Área de uso

- Fortalecer los costados de las cárcavas y las áreas vulnerables debajo de los sitios de descarga de las alcantarillas
- Protege los drenajes para que no se bloqueen con rocas pequeñas desde arriba del talud.
- Rehabilitar los sitios de disposición de desechos
- Estabilizar los taludes rellenados
- Controla los movimientos superficiales de <300 mm de profundidad en taludes de corte en material suave.

Condiciones en el sitio

- ✓ Las barreras de *Gliricidia sepium* (madero negro) son más eficaces en suelos granulares bien drenados o en material de desecho con compactación suelta.
- ✓ Utilizar en pendiente de talud de hasta 30°. Pueden construirse en taludes más empinados pero no es aconsejable tener árboles sin manejo en taludes muy empinados debido al exceso de carga en el talud y el riesgo de colapso. Si se utilizan en taludes más empinados la barrera se puede podar o descopar.
- ✓ Las barreras de *Pennisetum purpureum* (pasto elefante o King Grass) se pueden utilizar en taludes pronunciados de hasta 45°.

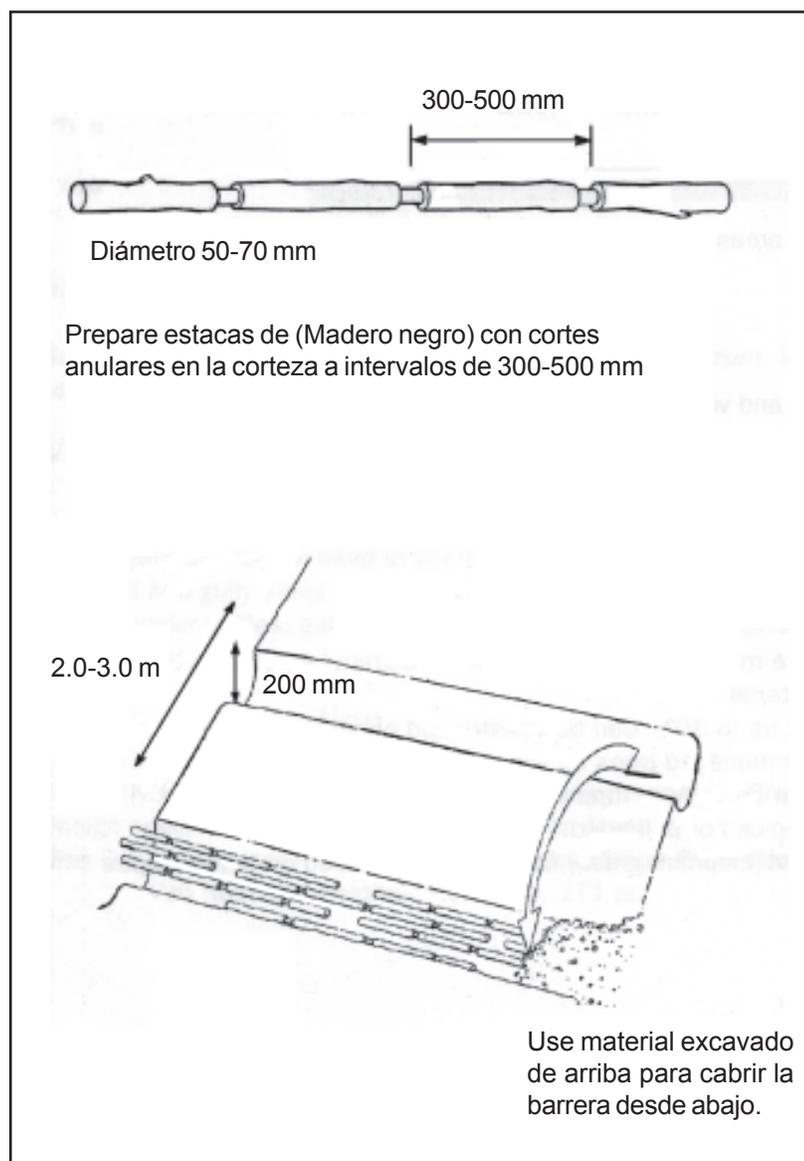
Barrera Densas (Fajinas)

Materiales

Estacas de *Gliricidia sepium* (madero negro) con un diámetro de 60-12 mm, y entre 1 a 2 m de largo, con cortes anulares en la corteza a intervalos de 300-500 mm.

Se necesitan 4 m de estacas de madero negro por metro corrido de zanja.

Pasos para la construcción



1. Establecer un contorno a lo largo del talud.
2. Preparar estacas de madero negro (véase la especificación D). Haga un corte anular en la corteza de las estacas a intervalos de 300-500 mm para estimular el crecimiento de raíces a lo largo del tronco. Prepare manojos de 4-5 y consérvelos en un lugar fresco y sombreado hasta que los utilice.
3. Prepare una zanja de unos 200 mm de profundidad en el contorno del talud.
4. Para conservar la humedad del suelo no abra grandes áreas de zanja antes de que las estacas estén listas para colocarlas a lo largo del contorno.

Herramientas

Mecate, estacas y nivel para hacer el contorno.

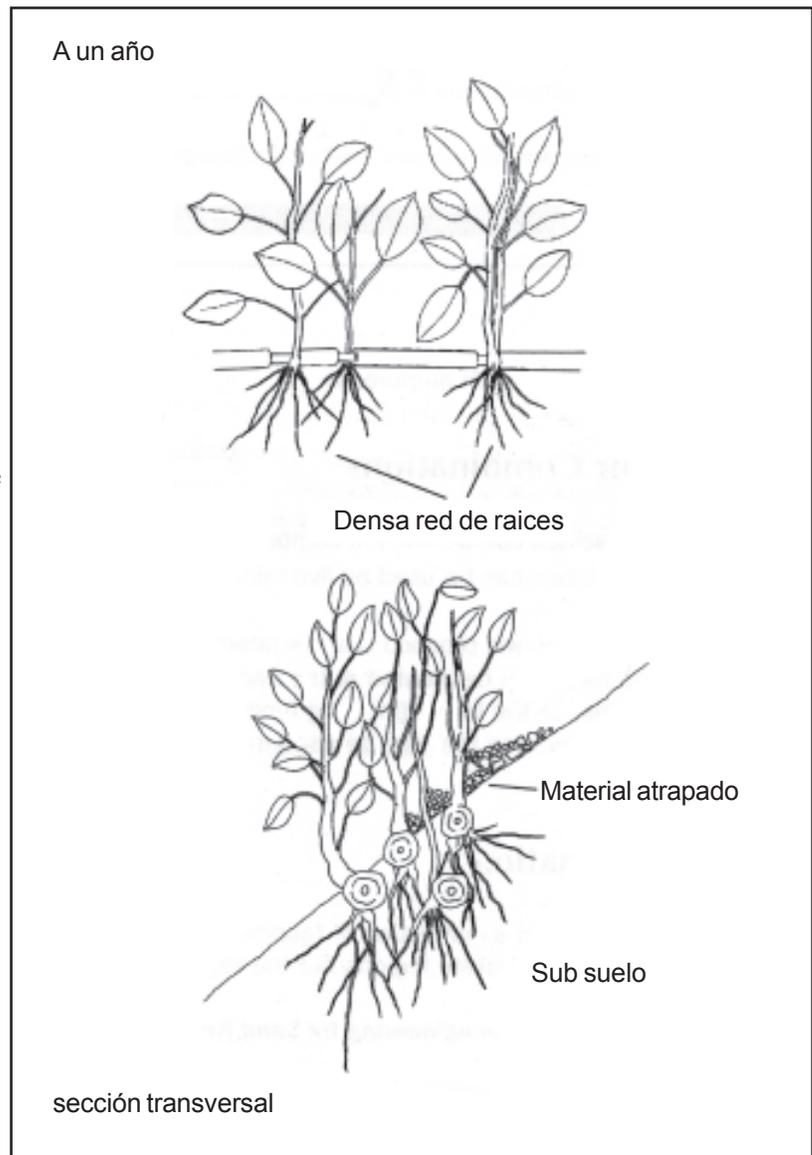
Machete

Palas/ piocha

5. Coloque los manojos de estacas en la zanja. Asegúrese de que hay traslape entre los manojos de estacas.

6. En la parte basal de cada estaca crecerán raíces y también en los lugares donde se ha hecho el corte anular en la corteza de la estaca. Para que la barrera sea lo más fuerte posible no debe haber traslape en estos puntos donde están las raíces más fuertes.

7. Cubra las estacas con 100 mm de tierra como máximo.



Barrera Densas (Fajinas)

Manejo

Divida

Limpie

Abone

Use residuos de la poda



Control de Maleza

Resiembra

Reparación

Descope

A 90 cm, utilice recortes para resiembra



Desrame

Año

0

1

2

3

4

5

Especies

Gliricidia sepium (Madero negro), *Pennisetum purpureum* (pasto elefante)

Variaciones o combinaciones

- Las barreras densas de *G. sepium* (madero negro) se pueden utilizar en combinación con la siembra de pasto (páginas 35-38).
- Las barreras densas de *G. sepium* (madero negro) se pueden utilizar como mini presas vivas de control en pequeñas cárcavas y grietas profundas (páginas 19-22).
- Las barreras densas de *G. sepium* (madero negro) producen raíces laterales superficiales. Las plántulas de árboles y arbustos que producen raíces primarias pueden sembrarse al mismo tiempo. La posterior variación en la profundidad de las raíces realzará las funciones de bioingeniería de la barrera. (En las láminas informativas sobre las especies se indica cuáles especies de árboles y arbustos pueden utilizarse en combinación con barreras densas, véase también la especificación B en este documento).

Información adicional

En los siguientes documentos se puede encontrar información sobre el diseño y construcción de barreras densas (las especies indicadas son para regiones templadas pero el ingeniero puede modificar el tipo de especie para la región del Caribe).

Schiechtl, H.M. (1980) **Bioengineering for Land Reclamation and Conservation**. University of Alberta Press.

Gray, D.H. y Leiser A.T. (1982) **Biotechnical Slope Protection for Erosion Control (Protección biotécnica de taludes para el control de la erosión)**. Nueva York: Van Nostrand Reinhold Company. 271 pp.

Descripción

Una capa de piedras, bolón y pequeñas rocas cuidadosamente colocada para prevenir la erosión y socavación de la superficie.

Función

Captura

Apoya

Drena

Refuerza A una profundidad de 300 mm por debajo del rip rap* (componente de vegetación * rip-rap – geotextil y piedra para prevenir erosión)

Protege La superficie del suelo previniendo así la erosión superficial (componente de piedra)

Limita

Mejora

Área de uso

- Proteger de la erosión la base de un talud.
- Proteger de socavación la base de un barranco.
- Proteger de la socavación el sitio de descarga de la alcantarilla.
- Proteger de la erosión superficial los hombros elevados de las carreteras.

Condiciones en el sitio

- ✓ Taludes de un máximo de 30°.
- ✓ Donde el uso de piedras y rocas es eficaz con relación al costo.

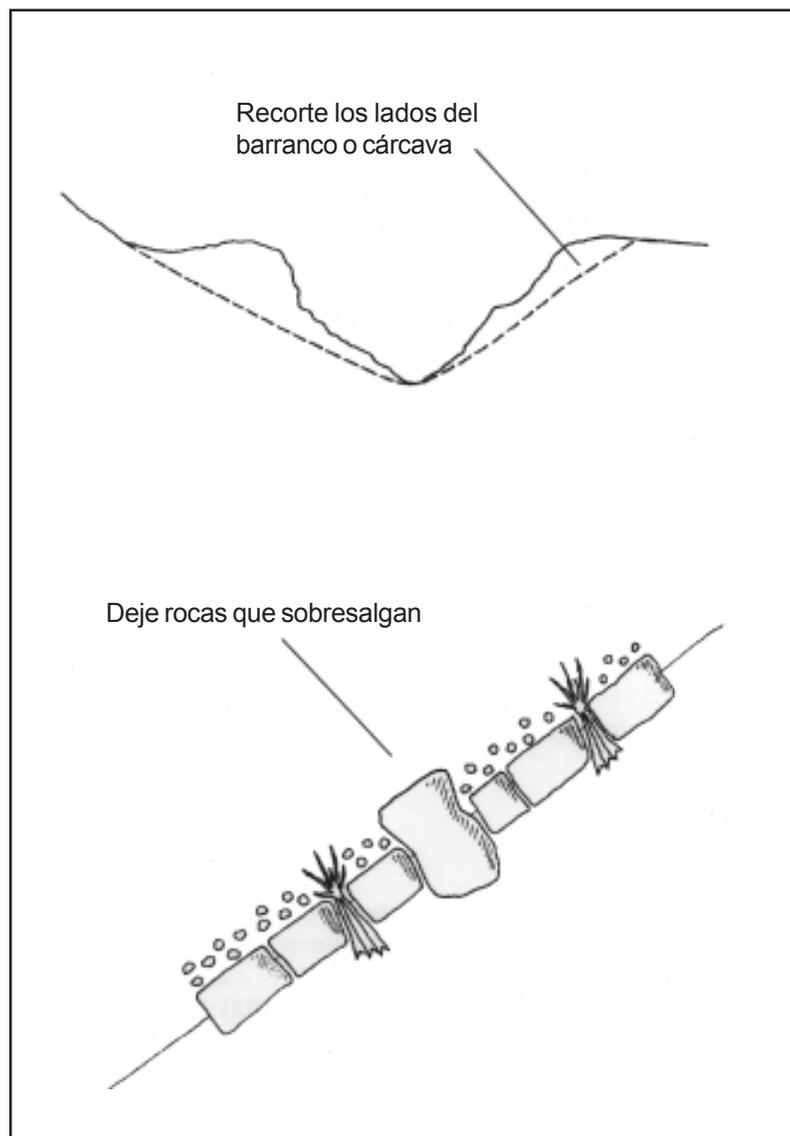
Barrera de Piedra Intercalada con Vegetación

Materiales

Piedra angular o subredondeada de buena calidad con un tamaño aproximado de 100 mm de fondo x 300 mm x 300 mm.

Plántulas de pasto – semilla o retoño, por ejemplo, *Panicum maximum* (retoños de pasto guinea) o de *Vetiveria zizanioides* (vetiver). Estacas de madera dura de 400-900 mm de largo (incluidos al menos dos nudos en cada corte) y con un diámetro de unos 80 mm, por ejemplo, *Gliricidia sepium* (madero negro).

Pasos para la construcción



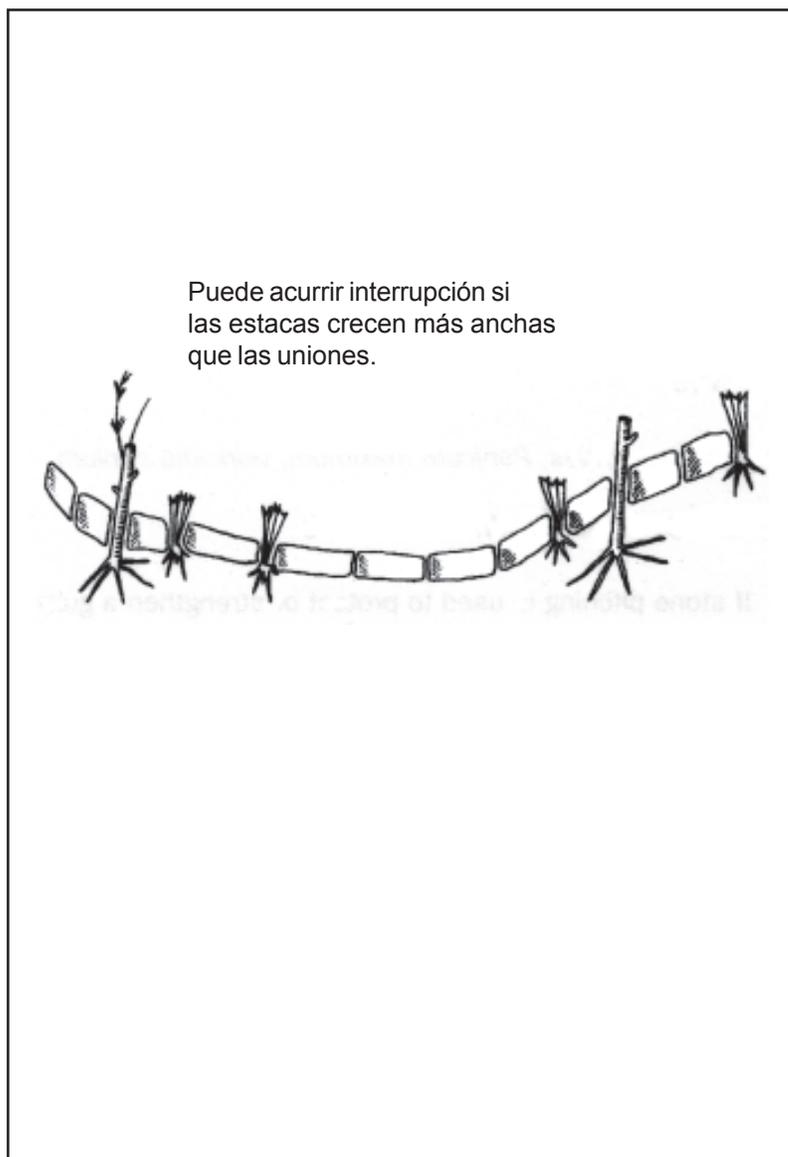
1. Prepare la superficie del talud, el lecho del barranco o el hombro del camino, para crear una superficie plana.
2. No retire ninguna roca o piedras que sobresalgan en la superficie y construya la barrera de piedra a su alrededor.
3. Coloque sobre el talud una capa de 10 mm de material granular de libre drenaje.
4. Con cuidado coloque las piedras sobre el área que se va a proteger. Asiente bien cada piedra en la superficie. Minimice los espacios entre las piedras recortando la piedra cuando sea necesario.

Herramientas

Barra para siembra
Machete
Pala
Pata de chanco

5. Rellene los espacios entre las piedras con tierra y siembre pasto a una distancia de 150 mm entre plantas.
6. También se pueden utilizar estacas vivas entre las piedras a intervalos de 1.5 m. Si la barrera de piedra se utiliza en el lecho de un barranco, use estacas de madera vivas sólo en el borde del lecho y no en el medio ya que esto puede interrumpir el flujo de agua (véase el párrafo sobre variaciones o combinaciones).
7. Asegure sembrar el pasto y las estacas vivas a suficiente profundidad de manera que las raíces penetren el material que está debajo de la base de rip rap.

NB Véase las especificaciones B, C, y D.



Barrera de Piedra Intercalada con Vegetación

Manejo

Divida

Limpie

Abone

Control de Maleza

Cualquier planta que no haya crecido

Resiembra

Inspeccione con frecuencia después de lluvias fuertes para detectar piedras dañadas o desplazadas

Reparación

Descope

A 1.5-2.0 m cada 3-5 años

Desrame

Para mantener vigor

Año



Especies

Vetiveria zizanioides (Vetiver), *Panicum maximum* (pasto guinea), *Gliricidia sepium* (madero negro).

Variaciones o combinaciones

- Si se utiliza una barrera de piedra para proteger o fortalecer el lecho de un barranco, evite el uso de plantas leñosas en el centro del lecho ya que esto puede desviar el flujo del agua hacia los lados de las márgenes del barranco causando socavación.
- Coloque la vegetación de forma escalonada; el pasto corto en el medio del lecho, los pastos apiñados cerca de los bordes, y la vegetación leñosa en el borde.

Información adicional.

Gray D.H. y Leiser A.T. (1982) **Biotechnical Slope Protection for Erosion Control (Protección biotécnica de taludes para el control de la erosión)**. Nueva York: Van Nostrand Reinhold Company. 271 pp. Este libro contiene especificaciones detalladas para revestimientos robustos diseñados para las obras de control de ríos y de erosión costera.

Descripción

Las barreras de pasto para atrapar la sedimentación constituyen un método eficaz para impedir que el material que baja por el talud llegue a un drenaje o a un cauce.

Función

Captura El material que baja por el talud.

Apoya Al detener en la base del talud el material erosionado suelto

Drena

Refuerza El suelo encima del drenaje

Protege El talud encima del drenaje y la base del talud

Mejora

Usos en ingeniería

- Encima de los desagües laterales
- Encima de los drenajes (cut-off drains)
- Alrededor de las alcantarillas o contra cunetas.

Condiciones en el sitio

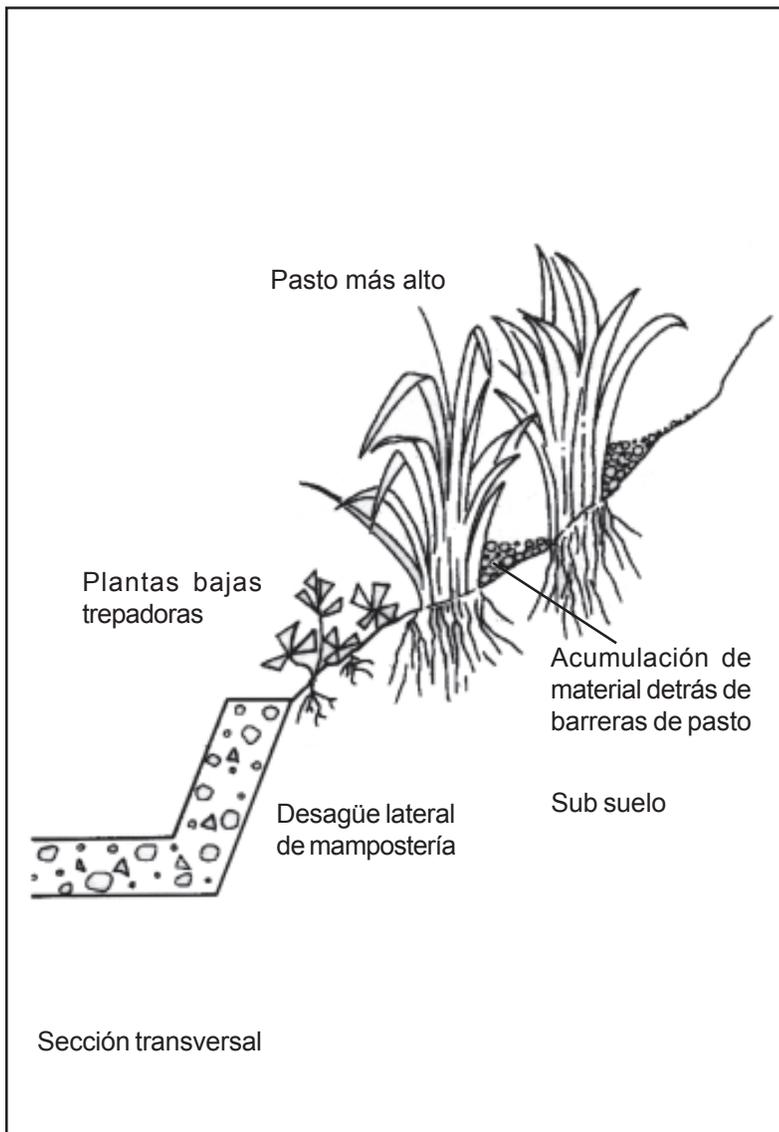
- ✓ Las especies que se recomiendan toleran una amplia gama de condiciones en el sitio.

Barrera de Pasto para Atrapar la Sedimentación

Materiales

Pasto robusto que forme una barrera y se recupere tras su enterramiento parcial, como tallos de pasto elefante y retoños de vetiver. Se requieren aproximadamente 12 plantas/ metro calculando 150 mm entre las plantas en doble hilera.

Pasos para la construcción



1. Establecer una guía para la siembra paralela al desagüe o costado del camino.
2. Sembrar una doble hilera de pasto con un espacio de 150 mm entre plantas en la fila y 200 mm entre las filas.
3. Dependiendo de la gravedad del problema de erosión y del espacio disponible, se puede formar una barrera mas densa que incluya vegetación leñosa. Esto puede retener pequeñas rocas o pequeñas caídas de tierra.
4. Las plantas de menor tamaño deben sembrarse mas allá del camino y los arbustos leñosos o los árboles deben sembrarse lejos del camino para evitar que interfieran con la visibilidad.

Herramientas

Mecate y estacas para establecer una guía.

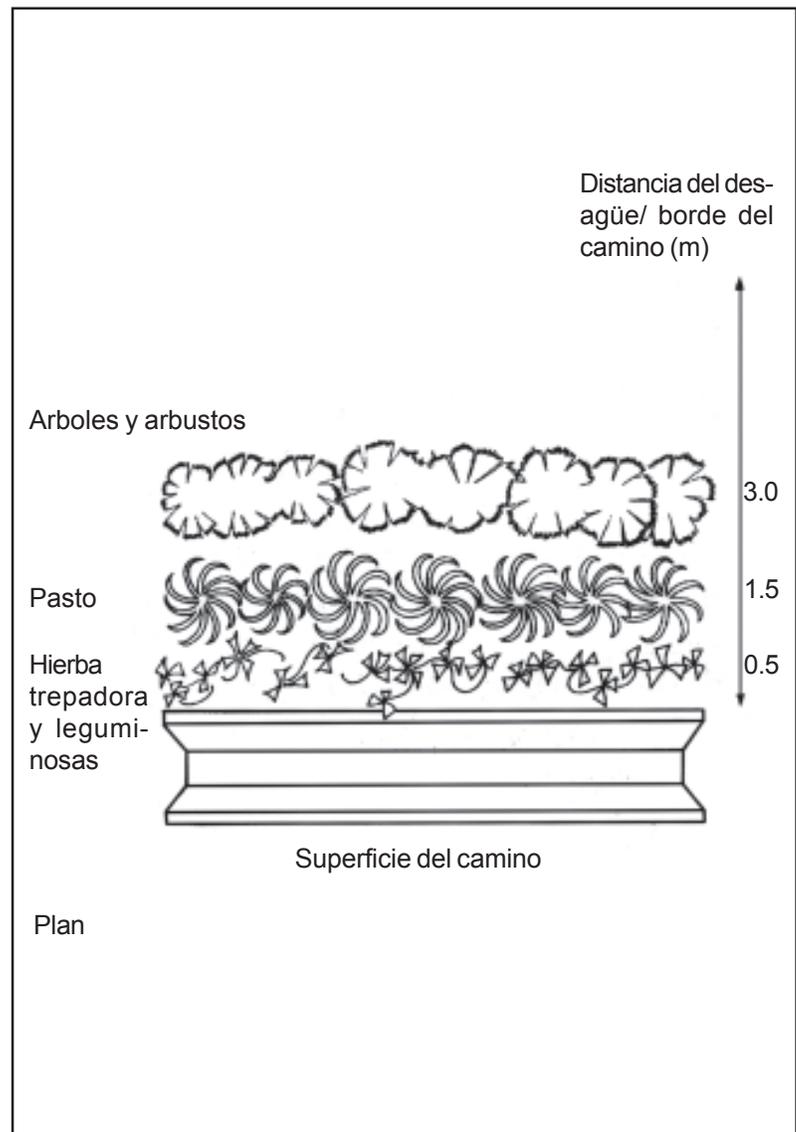
Machete

Pala

5. Los pastos trepadores o de baja estatura se pueden sembrar entre el desagüe y la barrera de pasto.

6. Rellene el área detrás de la presa con broza y piedras angulares que se encuentren en el lugar. Siembre retoños o esquejes de pasto en los costados río arriba de la hondonada.

NB Véase especificaciones B, D y E.



Barrera de Pasto para Atrapar la Sedimentación

Manejo

Divida

Limpie

Abone

Utilice los residuos de la poda detrás de la barrera

Control de Maleza

Resiembra



Reparación

Descope

Cuando sea necesario

Desrame

Año

0

1

2

3

4

5

Especies

Vetiveria zizanioides (Vetiver), *Panicum maximum* (pasto guinea), *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), pasto para cubrir el suelo como por ejemplo *Pueraria thunbergiana* (pasto kudzu), *Gliricidia sepium* (madero negro).

Variaciones o combinaciones

La inclusión de árboles y arbustos (véase arriba).

Información adicional

Sloping Agricultural Land Technology (SALT)
Vetiver network (Red vetiver).

Descripción

Sembrar densamente pasto vetiver en todo el talud. Esto refuerza y protege el talud contra el daño causado por la erosión superficial o del colapso no profundo de la superficie.

Función

Captura El material erosionado que baja por el talud.

Apoya

Drena

Refuerza El talud a una profundidad de 300 mm con un denso tapiz de raíces fibrosas

Protege La superficie del talud del impacto de las gotas de lluvia e impide la socavación alrededor de las obras de ingeniería

Limita

Mejora

Usos en ingeniería

- Proteger los taludes en el borde del camino
 - Rehabilita los taludes de corte colapsados
 - Vuelve a cubrir con vegetación los taludes de relleno.
- Proteger los hombros de las carreteras en pavimentos elevados.
- Uso eficaz en el empalme de una estructura de ingeniería con aristas como presas en mampostería, muro de retención, o en el empalme de gaviones con el suelo.

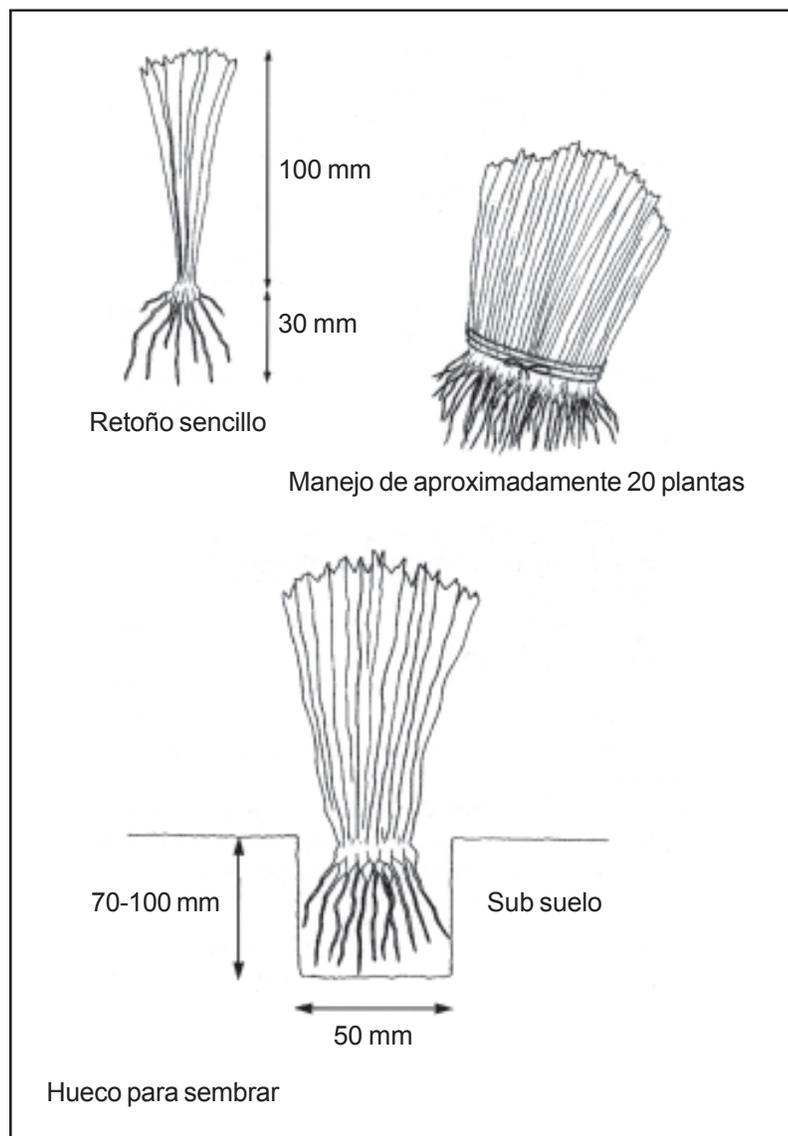
Condiciones en el sitio

- ✓ El *V. zizanioides* (pasto vetiver) tolera una amplia variedad de condiciones en el sitio. Puede crecer en subsuelos sin agregar capa vegetal o fertilizante.
- ✓ El *V. zizanioides* (pasto vetiver) producirá extensos sistemas de raíces fibrosas en suelos de drenaje libre. Sobrevive en suelos compactados, pero su crecimiento es lento. En la West Coast Road en Sta. Lucía se han observado enraizar en suelos residuales y en roca desgastada. En esas condiciones, los sistemas de raíces no son densos.
- ✗ El *V. zizanioides* (pasto vetiver) no tolera la sombra.

Materiales

Retoños de pasto vetiver de buena calidad provenientes de un vivero o de áreas naturales.

Pasos para la construcción



1. Prepare suficientes retoños de las matas para un día de trabajo.
2. Mantenga en la sombra los retoños preparados hasta que los vaya a sembrar. No permita que los retoños se resequen en el sol o con el viento.
3. Si el pasto vetiver se cultivó en bolsas de polietileno, retire el polietileno antes de sembrar.
4. Prepare un hueco para la siembra de unos 70-100 mm de profundidad y 50 mm de ancho. El hoyo debe ser de tamaño suficiente para colocar el retoño de vetiver sin doblar las raíces.

Herramientas

Azadón para siembra

Machete

Estacas

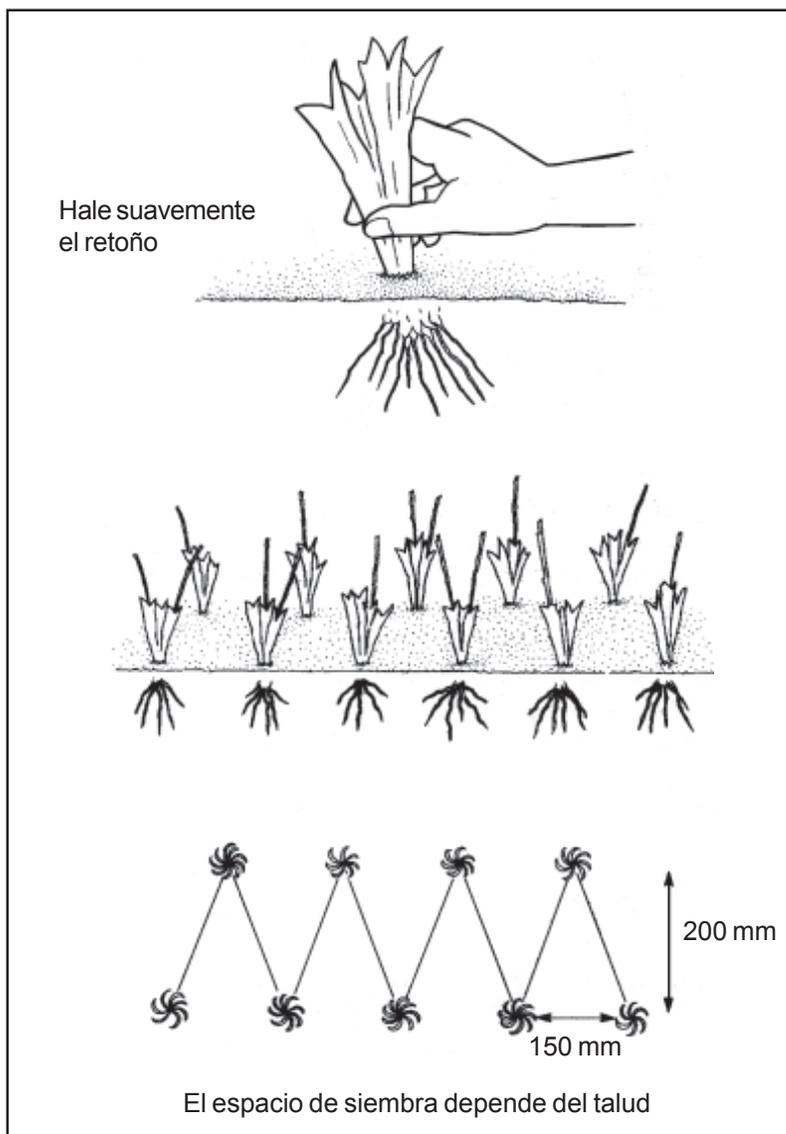
Nivel y mecate

5. Asegúrese de rellenar el hoyo y de compactar la tierra firmemente alrededor del retoño de pasto.

6. Si se jala el retoño suavemente entre el pulgar y el índice aquel no debería salir de la tierra.

7. Véase el cuadro 6 (página 93) para las recomendaciones sobre las distancias de siembra del vetiver.

NB. Véase la especificación C.



Control de la Erosión Superficial con Pasto Vetiver

Manejo

Divida

Utilice los retoños como material de siembra

Limpie

Abone

Utilice los residuos de la poda
Controle la maleza que compite con el pasto

Resiembra

Reparación

Descope

A 40 cm para mejorar vigor

Desrame

Año

0 1 2 3 4 5

Especies

Vetiveria zizanioides (pasto Vetiver)

Variaciones o combinaciones

Para evitar raíces de una sola profundidad en un talud se recomienda mezclar las especies en la que cada una tenga una forma de raíz diferente. Árboles y arbustos pequeños y medianos adecuados para sembrar en un talud incluyen el *Gliricidia sepium* (madero negro), *Leucaena leucocephala* (Leucaena), *Calliandra calothyrsus* (Caliandra), y *Psidium guajava* (guayaba). El *Vetiveria zizanioides* (pasto Vetiver) es muy competitivo y afectará la tasa de crecimiento de los árboles sembrados a su alrededor. Se debe dejar despejada un área de 100 cm en diámetro alrededor de los árboles y arbustos que se siembre en conjunto con pasto vetiver.

Información adicional

National Research Council (1993) **Vetiver Grass: A Thin Green Line Against Erosion.**
Washington, D.C., USA: National Academy Press. 171 pp.

Para información sobre pasto Vetiver y sus aplicaciones: Vetiver Network, 15 Wirt Street NW,
Leesburg, virginia 22075-2808, USA.

Descripción

Fortalece la base del talud para prevenir la erosión y la socavación que pueden conducir a un retraimiento gradual del talud. Crea una barrera fuerte en la base del talud y atrapar el material de erosión de la parte superior del talud para que no entre al desagüe.

Función

Captura El material erosionado que baja por el talud.

Apoya Al detener el material suelto erosionado en la base del talud.

Drena

Refuerza El material en la base del talud.

Protege La base del talud previniendo erosión en la base.

Mejora El suelo y las condiciones de crecimiento en la base del talud utilizando el material podado como abono.

Usos en ingeniería

- En la base de los taludes de corte o taludes de relleno consolidados.
- No es adecuado para taludes de relleno sueltos y no consolidados.
- Proteger el desagüe lateral de la erosión o del desmoronamiento de desechos.

Condiciones en el sitio

- ✓ Material altamente erosionable, especialmente con un alto contenido de arena o limo.
- ✓ Tolerancia a una amplia gama de condiciones de suelo.
- ✗ No es apropiado para material arcilloso pesado, mojado, profundo con tendencia a desplomarse.

Sampeado de Piedra con Vegetación

Materiales

Rocas angulares o Bolón

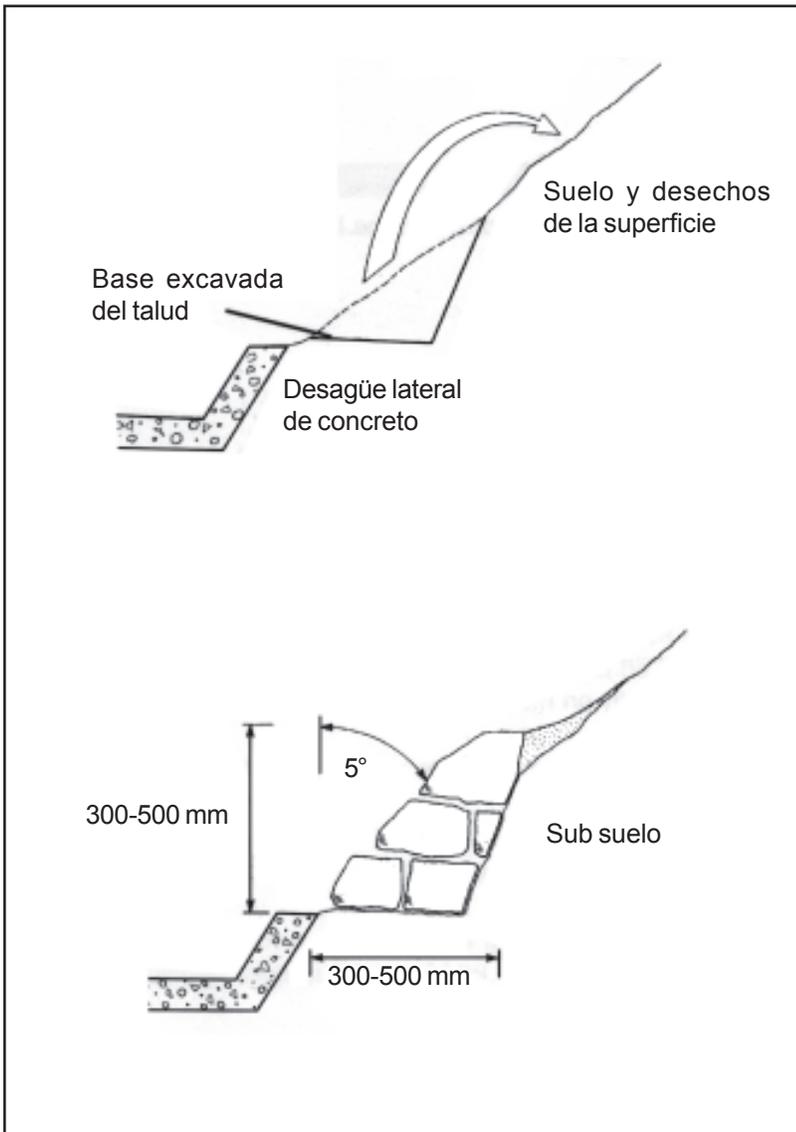
Plantas de pasto (retoños o plántulas) como *Vetiveria zizanioides* (pasto Vetiver)

Estacas de madera dura de *Gliricidia sepium* (madero negro) (si se requiere estacas).

Plántulas de árboles pequeños y arbustos si es necesario sembrar.

Nivel y mecate.

Pasos para la construcción



1. Seleccione rocas duras y angulares para construir la base de la pared de piedra.
2. Limpie la base del talud de cualquier desecho.
3. Haga un ligero corte en la base del talud para formar una grada en la cual colocar las rocas angulares.
4. Construya un sampeado de piedra de unos 300-500 mm de alto con una base de 300 mm. Coloque la piedra en la parte trasera del talud a un ángulo de 5° de la vertical.

Herramientas

Barra para sembrar

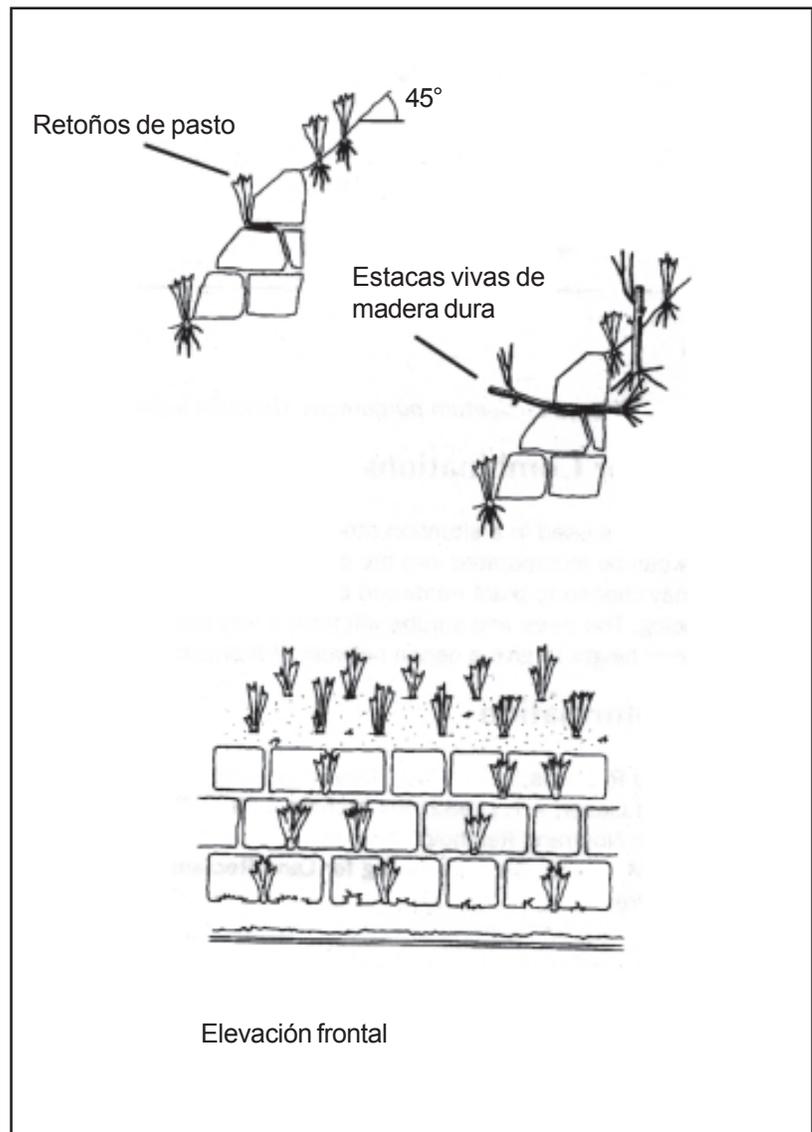
Machete

Martillo de mampostería para recortar las piedras

Pata de chanco.

5. A medida que va construyendo el sampeado de piedra coloque retoños de pasto en los espacios entre las rocas asegurando que la raíz del pasto queda en el subsuelo.

NB. Véase las especificaciones D y E.



Sampeado de Piedra con Vegetación

Manejo

Divida

Limpie

Abone

Control de Maleza

Resiembra



Reparación



Mantenimiento anual general



A 90 cm, cada 3-5 años



Descope

Desrame

Año

0

1

2

3

4

5

Especies

Vetiveria zizanioides (Vetiver), *Pennisetum purpureum* (pasto elefante) y *Gliricidia sepium* (madero negro).

Variaciones o combinaciones

Si la técnica se utiliza en una situación que no sea adyacente al camino, por ejemplo en un barranco lateral, se pueden incorporar árboles en el diseño y se pueden manejar de forma regular. El ingeniero puede decidir sembrar estacas o plántulas de madera dura entre las rocas a una distancia de 1.0 a 2.5 m. Los árboles y arbustos formarán una barrera muy fuerte y pueden descoparse a una altura de 400-900 mm para lograr una densa red de ramas.

Información adicional

Coppin N.J. y Richards I.G. (1990) Use of Vegetation in Civil Engineering (**Uso de la vegetación en ingeniería civil**). UK: CIRIA.

Gray D.H. y Leiser A.T. (1982) **Biotechnical Slope Protection for Erosion Control (Protección biotécnica de taludes para el control de la erosión)**. Nueva York: Van Nostrand Reinhold Company.

Schiechtl, H.M. (1980) **Bioengineering for Land Reclamation and Conservation**. University of Alberta Press.

Descripción

Función

Captura

Apoya

Drena

Refuerza

Protege

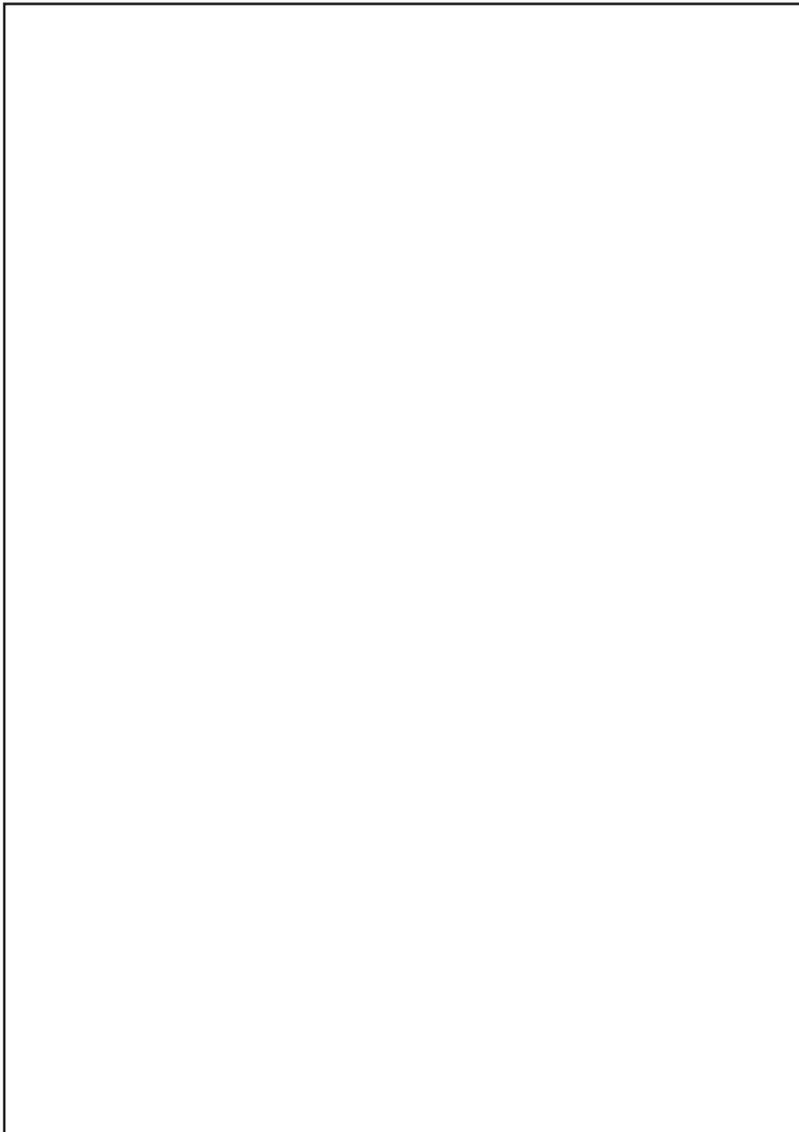
Mejora

Usos en ingeniería

Condiciones en el sitio

Materiales

Pasos para la construcción



1.

2.

3.

4.

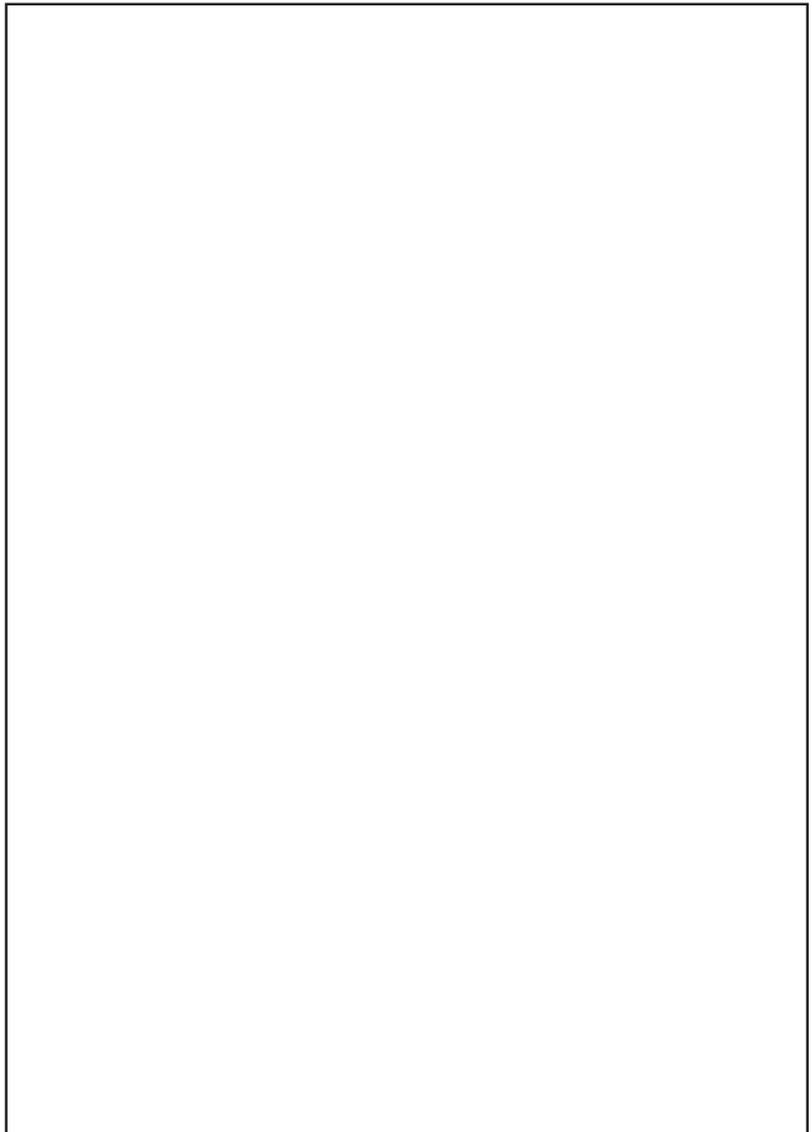
Herramientas

5.

6.

7.

NB



Manejo

Divida

Limpie

Abone

Control de Maleza

Resiembra

Reparación

Descope

Desrame

Año

0

1

2

3

4

5

Especies

Variaciones o combinaciones

Información adicional

Especies

Detalles sobre once especies de uso común que han demostrado ser adecuadas para su uso en bioingeniería y control de la erosión en suelos.

Se incluye una hoja en blanco para que los usuarios agreguen otras especies que encuentren adecuadas para las condiciones locales

Leyenda: Se utiliza un sistema de clasificación con estrellas en tres secciones para indicar en qué medida las especies poseen una característica particular

* Bajo ** Medio *** Alto

Descripción

Árbol perenne, puede alcanzar 30 m de alto (2-5 m es lo más común en el Caribe). Flores color blanco crema, hojas aserradas y frutos similar a la aceituna.

Distribución**Nativo**

Probablemente originario del NE de la India y Birmania. Común en las áreas secas y boscosas del sur y sudeste de Asia.

Introducido/ naturalizado

Muchas áreas incluida África, el Caribe y América Latina.

Hábitat

Tierras de pastoreo, bosques secos, vegetación secundaria, por ej. borde de los caminos.

**Propagación**

Siembra directa * * *
Plántulas * * *
Propagación vegetativa

Cultivo y Mantenimiento

Poda/ descope * * *
Enmalezado * *
Resistencia al pastoreo * * *
Resistencia al fuego * *
Resistencia a plagas / Enfermedad * *

Requerimientos del sitio**Suelo**

Profundidad superficial-profunda
Estado nutricional bajo
pH 5.0-10.0
Drenaje no tolera inundación
Tipo de suelo Amplia gama de suelos

Altitud

0-1500 msnm

Clima

Temperatura 0° – 50° C
Precipitación 400-1200 mm
Estacionalidad

Bioingeniería

Forma de la raíz

ibrosa	*	
Profundidad	* *	
Extensión	* *	
Primaria	* * *	(solo de semillas)

Usos

Captura	* * *
Protege	
Apoya	* *
Refuerza	* *
Drena	
Mejora	*

Notas

Reconocido por su capacidad de crecer en lugares secos e infértiles. Se desempeña bien donde los suelos son estériles, pedregosos y superficiales o donde existe una capa dura cerca de la superficie. De muy rápido crecimiento puede llegar a medir 2-3 m en los primeros 3-5 años. Las profundas raíces laterales pueden extenderse hasta 15 m radialmente. Las especies perennes son muy valoradas como fuente de sombra a la orilla de los caminos aunque pueden quebrarse con los fuertes vientos.

Otros usos

Caribe Cultivado para uso medicinal. Las semillas son un cultivo de exportación en Haití y República Dominicana.

Otros lugares Leña, carbón, madera, muebles, postes, medicina, néctar para las abejas, sombra, fertilizante, insecticida (azadirachtin), fabricación de jabón.

Información Adicional

National Research Council. (1992) **Neem: A Tree for Solving Global Problems**. National Academy Press, Washington D.C., USA 141 pp.

Descripción

Pasto leñoso. Los tallos pueden alcanzar alturas de 8-18 m., con 50-100 mm en diámetro y paredes con un grosor de 8-16 mm.

Distribución

Nativo

Se desconoce el origen de esta especie pero puede ser nativo de Indonesia (Java) o Sri Lanka.

Introducido/ Naturalizado

Ampliamente introducido y ahora es una especie pantrópica. Las especies de bambú más comunes están en el Caribe

Hábitat

Propagación

Siembra directa

Plántulas

Propagación vegetativa * * *

Cultivo y Mantenimiento

Poda/ descope * *

Enmalezado * *

Resistencia al pastoreo * * *

Resistencia al fuego * * *

Resistencia a plagas /Enfermedad * *

Requerimientos del sitio

Suelo

Profundidad superficial-profunda

Estado nutricional

pH 6.0-10.0

Drenaje buen drenaje-inundación

Tipo de suelo amplia gama de suelos

Altitud

0-3000 msnm

Clima

Temperatura 0° – 45° C

Precipitación 600-5000 mm

Estacionalidad 0-6 meses estación seca



Bioingeniería

Forma de la raíz

Fibrosa	* * *
Profundidad	* * *
Extensión	* * *
Primaria	

Usos

Captura	* * *
Protege	*
Apoya	* * *
Refuerza	* *
Drena	* * *
Mejora	

Notas

Se ha utilizado con éxito para la estabalización de laderas en partes del Caribe, como en la West Coast Road en St. Lucía y en Puerto Rico. Los tallos pueden atrapar material, incluidas grandes rocas, que se deslice por la ladera. La densa red de raíces (hasta 5 m en profundidad y 15 m en diámetro) actúa como refuerzo de la superficie y los rizomas actúan como un contra fuerte natural en la base de la ladera. En laderas con mucha pendiente ($>45^\circ$), el peso del bambú en la parte superior de la ladera puede inducir el desplome si la humedad reduce la resistencia a la fracturación del suelo, de manera que en ese caso es mejor sembrar la especie en la base de la ladera. El bambú tiende a ser muy dominante y puede ser difícil combinarlo con otras especies de árboles con raíces profundas. Crecerá con otras plantas si se siembra al mismo tiempo.

Otros usos

Caribe Estacas recién cortadas de tallos vivos se utilizaron para apuntalar matas de ñame en Jamaica. Los tallos se utilizan comúnmente para sostener las cabezas de bananos en las plantaciones y también se puede utilizar como material de construcción de baja calidad.

Otros lugares La especie se puede utilizar para hacer pulpa de madera para la fabricación de papel.

Información Adicional

Liese, W. (1985) **Bamboo – Biology, Silvics and Properties**. *Schriftenreihe der Deutschen Gessellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH*, 180, pp. 21-41.

McClure, F.A. (1966) **The Bamboos. A Fresh Perspective**. Cambridge, Massachusetts, USA: Harvard University Press.

Othman, A.R. (1989) **A note on Bamboo for Soil Stabilisation and Erosion Control on Forest Road in FRIM**. Forest Research Institute, Malaysia. Technical information, Vol. 1, no. 10.

Stapleton, C. (1994) **Bamboos of Nepal**. Kew: Royal Botanic Garden

Stapleton, C. (1994) **Bamboos of Bhutan**. Kew: Royal Botanic Garden

White, .G and Childers, N.F. (1945) Bamboo for Controlling Soil Erosion. *Journal of the American Society of Agronomy*, **37** (10): 839-847.

Descripción

Arbusto / Árbol pequeño de uno o varios tallos. Puede alcanzar 2-12 m de altura con un diámetro de base de 200 mm.

Distribución**Nativo**

México y América Central

Introducido/ Naturalizado

De amplio uso en Indonesia y África del este/ central. Introducido en el Caribe y otras regiones en los últimos 15 años.

Hábitat

Matorrales en laderas abiertas empinadas y a lo largo de ríos en América Central. Pionero en suelos recién expuestos.

**Propagación**

Siembra directa	* *
Plántulas	* * *
Propagación vegetativa	

Cultivo y Mantenimiento

Poda/ descope	* * *
Enmalezado	*
Resistencia al pastoreo	* *
Resistencia al fuego	*
Resistencia a plagas /Enfermedad	*

Requerimientos del sitio**Suelo**

Profundidad	superficial-profunda
Estado nutricional	bajo (fijación de nitrógeno)
pH	tolera condiciones ácidos
Drenaje	no tolera mal drenaje
Tipo de suelo	suelos con drenaje libre

Altitud

300-1600 msnm

Clima

Temperatura	5° – 45° C
Precipitación	1000-4000 mm
Estacionalidad	3-6 meses estación seca

Bioingeniería

Forma de la raíz

Fibrosa	*
Profundidad	* *
Extensión	* *
Primaria	* *

Usos

Captura	* * *
Protege	*
Apoya	* * *
Refuerza	* *
Drena	*
Mejora	* *

Notas

Tiene la capacidad de crecer bien en laderas con pendientes fuertes, en suelos marginales y en áreas con 3-6 meses de estación seca. Las ramas cercanas al suelo y el número de ramas puede aumentarse mediante la poda. Esto es ventajoso porque reduce la sobrecarga en laderas pronunciadas, aumenta la intercepción eficaz de la lluvia y atrapa más material que se desliza por la ladera. La disponibilidad de semillas puede ser una limitación para su uso en el Caribe. Hay aproximadamente 20,000/ kg de semillas y el tratamiento previo recomendado para las semillas es ponerlas a remojar en agua fría de un día para otro.

Otros usos

Caribe forraje, abono verde, leña y cercos sin espinas.

Otros lugares Fuente de pulpa y papel, leña, carbón, y las flores tienen néctar para la producción de miel. Sombra para el cultivo del té y el café.

Información Adicional

International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) (1993) **A Selection of Useful Trees and Shrubs for Kenya**. 225pp.

National Research Council (1983) **Calliandra: A Versatile Small Tree for the Humid Tropics**. Washington, D.C.: National Academy Press. 52 pp.

Thompson, D.A. (1986) **Luecaena leucocephala and other Fast-growing Trees: Their Cultivation and Uses**. The Organization of American States – Caribbean Region LEUCAENA Project. 36 pp.

Véase también la lista de contactos (p.117)

Descripción

Pasto perenne trepador con estolones en ambas superficies y rizomas profundos. Puede alcanzar 0.3 m de altura.

Distribución

Nativo

Regiones cálidas y templadas en todo el mundo.

Introducido/ Naturalizado

Regiones tropicales, subtropicales y cálidas templadas



Hábitat

Pastizales con un alto grado de pastoreo, orillas de los caminos, y como maleza en tierra en barbecho.

Propagación

Siembra directa	* * *
Plántulas	
Propagación vegetativa	* * *

Cultivo y Mantenimiento

Poda/ descope	
Enmalezado	* * *
Resistencia al pastoreo	* * *
Resistencia al fuego	* *
Resistencia a plagas /Enfermedad	*

Requerimientos del sitio

Suelo

Profundidad	superficial-profunda
Estado nutricional	bajo
pH	prefiere suelos alcalinos
Drenaje	puede tolerar inundación
Tipo de suelo	amplia gama

Altitud

0-2000 msnm

Clima

Temperatura	8° – 45° C
Precipitación	
Estacionalidad	7 meses estación seca

Bioingeniería

Forma de la raíz

Fibrosa	
Profundidad	*
Extensión	* *
Primaria	

Usos

Captura	*
Protege	* * *
Apoya Refuerza	
Drena	*
Mejora	*

Notas

Las raíces son superficiales y en forma de plato; crecen de lado. El pasto se propaga de cortes de estolón y una vez establecido se puede extender a partir de estolones. Tiene el potencial para volverse invasor y debe utilizarse con precaución al lado de campos agrícolas.

Otros usos

Caribe Para pastos y forraje. Un pasto común para céspedes especialmente en áreas secas.

Otros lugares Para pastos y forraje. Un pasto común para céspedes en todo el trópico.

Información Adicional

Bagdan, A.V. ((1997) **Tropical Pasture and Fodder Plants**. Longman: London and New York.
pp 92-98.

Véase también la lista de contactos (p.117)

Descripción

Árbol sin espinas, con múltiples tallos,
Alcanza 10-15 m de altura, sin manejo.
Deciduo en la estación seca.

Distribución**Nativo**

Probablemente limitado a algunos valles secos
tierra adentro y en la Costa Pacífica de América Central
(México a Panamá).

Introducido/ Naturalizado

Muchas regiones semi áridas y subhúmedas
incluido el Caribe. Ahora es casi pantrópical.

Hábitat

Pastizales, bosque en estación seca, bosque húmedo,
vegetación secundaria, por ej., a orillas de los caminos.

Propagación

Siembra directa *** (sin tratamiento previo)
Plántulas ***
Propagación vegetativa *** (véase p. 98)

Cultivo y Mantenimiento

Poda/ descope ***
Enmalezado *
Resistencia al pastoreo **
Resistencia al fuego **
Resistencia a plagas /Enfermedad **

Requerimientos del sitio**Suelo**

Profundidad profunda-superficial
Estado nutricional bajo (fijación de nitrógeno)
pH 5.0-11.0
Drenaje no tolera inundación
Tipo de suelo amplia gama de suelos

Altitud

0-1500 msnm

Clima

Temperatura 5° – 45° C
Precipitación 600-3500 mm
Estacionalidad 0-8 meses estación seca



Bioingeniería

Forma de la raíz

Fibrosa	*	
Profundidad	* *	
Extensión	* *	
Primaria	* * *	(solo de semillas)

Usos

Captura	* * *
Protege	*
Apoya	* * *
Refuerza	* *
Drena	*
Mejora	* *

Notas

Su fácil propagación a partir de estacas colocadas en posición horizontal significa que es ideal para su uso en barreras densas y minipresas de control vivas (véase pp. 19-26). Su tolerancia a una amplia gama de condiciones climáticas y suelos permite su uso en una variedad de sitios. Relación fija de biomasa brote/ raíz de 2.5:1. La poda del árbol hará que algunas de las raíces se mueran y la relación 2.5:1 se restaurará. Esto tiene implicaciones para la fuerza de la estructura en bioingeniería. A medida que crece la copa las raíces también crecerán.

Otros usos

Caribe Cercas vivas. Las hojas se utilizan como abono rico en nitrógeno, abono verde o forraje animal (vacas, cabras, ovejas, pollos y conejos). También se utiliza como leña y carbón.

Otros lugares El corazón del árbol se utiliza para durmientes de ferrocarril, en construcción, muebles, implementos agrícolas y mangos de herramientas. Siembra para sombra a cultivos perennes utilizados en la fabricación de bebidas. Apoyo vivo para cultivos rastreros (pimienta negra, ñame). Especie de cercas vivas para cultivos en callejones.

Información Adicional

Bennison, J.J. and Paterson, R.T. (1993) **Use of Trees by Livestock 3: Gliricidia**. Chatham, UK: Natural Resources Institute. 18 pp.

International Centre For Research in Agroforestry (ICRAF) (1992). **A Selection of Useful Trees and Shrubs for Kenya**. 225 pp.

Nitrogen Fixing Tree Association (1989) **Gliricidia: Production and Use Manual**.

Slumberg, J.E. (1986) **Gliricidia sepium (Jacq.) Steud., A Selected Bibliography**. Addis Ababa, Ethiopia: ICLA. 12 pp.

Véase también la lista de contactos (p.117)

Descripción

Árbol marañoso, con corteza gris áspera y ondulada, tronco torcido. Altura 8-10 m.

Distribución

Nativo

América Central; abundante en los pantanos de Guatemala, la península de Yucatán en México y Honduras.

Introducido/ Naturalizado

Muchas regiones semi áridas y subhúmedas incluido el Caribe. Ahora es casi pantropical.



Hábitat

En todo el Caribe.

Propagación

- Siembra directa * * *
- Plántulas * * *
- Propagación vegetativa * * *

Cultivo y Mantenimiento

- Poda/ descope * * *
- Enmalezado *
- Resistencia al pastoreo *
- Resistencia al fuego * *
- Resistencia a plagas /Enfermedad * *

Requerimientos del sitio

Suelo

- Profundidad
- Estado nutricional bajo
- pH
- Drenaje
- Tipo de suelo tolera suelos pobres

Altitud

0-500 msnm

Clima

- Temperatura
- Precipitación
- Estacionalidad Tolera la sequía

Bioingeniería

Forma de la raíz

Fibrosa	* *
Profundidad	* *
Extensión	* *
Primaria	* *

Usos

Captura	* * *
Protege	
Apoya	* * *
Refuerza	* *
Drena	
Mejora	

Notas

Da una sombra muy fuerte bajo la cual casi nada crece. Se ha utilizado como barrera biológica en iniciativas de conservación de suelos en Jamaica.

Otros usos

Caribe Cultivado anteriormente como madera de tinte, también buena madera para muebles, construcción y usos subterráneos. En las islas francesas se considera que las hojas trituradas tienen propiedades hemostáticas y con propiedades para bajar la fiebre. Muy bueno para la producción de miel y en toda la región se produce miel de palo campeche.

Otros lugares Carbón, postes para cercos, leña, fabricación de tinta.

Información Adicional

Carrington, S. (1993) **Wild Plants of Barbados**. MacMillan Caribbean. 128 pp.

Honychurch, P.N. (1980) **Caribbean Wild Plants and their Uses**. MacMillan Caribbean. 166 pp.

Descripción

Árbol sin espinas 5-20m de alto,
Diam. 400-500 mm. Hojas alternas compuestas

Distribución

Nativo

México

Introducido/ Naturalizado

Se encuentra por todo el trópico incluido el Caribe

Hábitat

Bosque en estación seca, vegetación secundaria,
por ej., a orillas de los caminos.

Propagación

- Siembra directa *
- Plántulas * * *
- Propagación vegetativa

Cultivo y Mantenimiento

- Poda/ descope * * *
- Enmalezado *
- Resistencia al pastoreo * *
- Resistencia al fuego * *
- Resistencia a plagas/Enfermedad *

Requerimientos del sitio

Suelo

- Profundidad superficial-profunda
- Nutricional bajo (fijación de nitrógeno)
- pH no crece en suelos ácidos
- Drenaje no tolera inundación
- Tipo de suelo prefiere suelos calcáreos

Altitud

0-1500 msnm

Clima

- Temperatura 5° – 45° C
- Precipitación 900-1500 mm
- Estacionalidad 3-6 meses estación seca



Bioingeniería

Forma de la raíz

Fibrosa	*	
Profundidad	* *	
Extensión	* *	
Primaria	* * *	(solo de semillas)

Usos

Captura	* * *
Protege	*
Apoya	* *
Refuerza	* *
Drena	*
Mejora	* *

Notas

Ampliamente sembrado en todo el Caribe con disponibilidad de plántulas en los viveros. Se encuentran dos subespecies en el Caribe: *leucocephala*, conocido como tipo arbusto o Hawaiano (Común); y *glabrata*, conocido como tipo Gigante o Salvador. Poco se conoce sobre la idoneidad de las subespecies *leucocephala* para el control de la erosión del suelo. Si los ingenieros están preocupados sobre la línea de horizonte, se les recomienda sembrar la subespecie más pequeña *glabrata*. Es probable que las plantas de los viveros sean de la subespecie “gigante”. Tienen entre 16,000 y 23,000 semillas por kilogramo. Las semillas necesitan tener tratamiento previo a la siembra e introducirlas en el agua a 80° C por 3 minutos, ha demostrado ser de utilidad.

Otros usos

Caribe forraje para ganado, abono verde, leña y madera para la construcción local.

Otros lugares Tecnología para los cultivos en callejones; vainas comestibles, carbón y leña.

Información Adicional

- Ferguson, T.U. and Garcia, G.W. (1992) **Leucaena in Agricultural Development**. Proceedings 1st International Conference on Leucaena. Trinidad. 1989.
- International Centre For Research in Agroforestry (ICRAF) (1992). **A Selection of Useful Trees and Shrubs for Kenya**. 225 pp.
- National Research Council (1984). **Leucaena: Promising Forage and Tree Crop for the Tropics**. 2nd edn, Washington, D.C.: National Academy Press. 100 pp.
- Pound, B. and Martinez, C. (1983) **Leucaena : Its Cultivation and Use**. London, UK: Overseas Development Administration.
- Thompson, D.A. (1986) **Lucaena leucocephala and other Fast-growing Trees: Their Cultivation and Uses**. The Organization of American States – Caribbean Region *LEUCAENA* Project. 36 pp.

Descripción

Pasto perenne suelto o densamente tupido (que puede ser anual) y que se dispersa por rizomas y semillas.
Altura oscila entre 0.75 y 2.0 m.

Distribución

Nativo

Probablemente limitado a ciertos valles secos y la costa del Pacífico en Centroamérica (México a Panamá).

Introducido/ Naturalizado

África tropical, extendiéndose a los subtrópicos de África del Sur y Madagascar.

Hábitat

Muchas regiones tropicales y subtropicales incluido el Caribe.

Propagación

- Siembra directa * * *
- Plántula
- Propagación vegetativa * * *



Cultivo y Mantenimiento

- Poda/ descope
- Enmalezado * *
- Resistencia al pastoreo * * *
- Resistencia al fuego * *
- Resistencia a plagas /Enfermedad * *

Requerimientos del sitio de siembra

Suelo

- Profundidad superficial-profunda
- Estado nutricional bajo
- pH
- Drenaje prefiere suelos bien drenados
- Tipo de suelo prefiere suelos de textura liviana

Altitud

0-2500 msnm

Clima

- Temperatura 8° – 45° C
- Precipitación 650-1000 mm
- Estacionalidad

Bioingeniería

Forma de la raíz

Fibrosa	* *
Profundidad	* *
Extensión	*
Primaria	

Usos

Captura	*
Protege	* *
Apoya	
Refuerza	*
Drena	* *
Mejora	

Notas

Es una especie pionera en el Caribe, se encuentra a orillas de caminos y predios baldíos, aunque originalmente pudo haber sido sembrada en algunas áreas. El suministro de semilla es poca, la especie fue propagada en áreas de botaderos a orillas de la West Coast Road en Santa Lucía de semillas compradas comercialmente. El pasto guinea también puede propagarse a partir de rizomas. Tiene una raíz superficial de 200 mm.

Otros Usos

Caribe pasto y forraje

Otros lugares pasto y forraje

Información Adicional

Bogdan, A. V. (1977) **Tropical Pasture and Fodder Plants**. Longman, London and New York.
pp. 181-191

Véase también la lista de contactos (p.117)

Descripción

Pasto perenne robusto, hasta 30 mm de diámetro en la base y 6.0 m de altura (2.0 – 2.5 comúnmente). Forma macollas grandes y anchas.

Distribución

Nativo

África Tropical

Introducido/ Naturalizado

Prácticamente en todos los países tropicales y Áreas subtropicales. Se encuentra en todo el Caribe.

Hábitat

Ribera de ríos, áreas húmedas; suelo seco en sabana; Margen de bosques; orillas de caminos.

Propagación

Siembra directa

Plántulas

Propagación vegetativa * * *

Cultivación y Mantenimiento

Poda/ descope

Enmalezado * *

Resistencia al pastoreo * * *

Resistencia al fuego *

Resistencia a plagas/Enfermedad *

Requerimientos del sitio de siembra

Suelo

Profundidad	media-profunda
Estado nutricional	mediano a alto
pH	
Drenaje	prefiere suelos húmedos
Tipo de suelo	amplia variedad de suelos

Altitud

0-2000 msnm

Clima

Temperatura	10° – 45° C
Precipitación	1000-3000 mm
Estacionalidad	4 meses estación seca



Bioingeniería

Forma de la raíz

Fibrosa	* *
Profundidad	* *
Extensión	* *
Primaria	

Usos

Captura	*
Protege	* *
Apoya	*
Refuerza	*
Drena	*
Mejora	*

Notas

El pasto elefante no es tan eficaz como el pasto vetiver cuando se usa en una sola hilera porque la separación entre los tallos es muy ancha para que controle el flujo de agua y suelo después de una tormenta tropical. Sus raíces son fuertes en tensión y pueden alcanzar 300 mm de profundidad. Se propagan de cortes de tallos, tolera sombra parcial y puede usarse para estabilizar taludes/ laderas. Para la estabilización de taludes/ laderas, se propaga mejor de cortes de tallos de tres anillos colocados en posición vertical en el suelo. También se puede propagar de tallos colocados en posición horizontal en el suelo y capas de los anillos si se caen los tallos.

Otros Usos

Caribe A menudo se cortan los tallos y el forraje fresco se da al ganado.

Otros lugares Tallos secos pueden ser usados para cercos, paredes o cielos falso de casas.

Información Adicional

Bogdan, A.V. (1977) **Tropical Pasture and Fodder Plants**. Longman, London and New York. pp. 233-241

National Research Council (1993) **Vetiver Grass: A Thin Green Line against Erosion**. National Academy Press: Washington, D.C. pp. 119-120.

Thomas, G.W. (1988) Elephant grass for soil erosion control and livestock feed. In: **Conservation Farming on Steep Lands**. (Moldenhauer, W.C. and Hudson, N.W., eds) Ankeny, Iowa: Soil and Water Conservation Society, World Association of Soil and Water Conservation. pp. 188-193.

Véase también la lista de contactos (p.117)

Descripción

Árbol verde con flores blancas. Crece 8m con una copa simétrica y ramas irregulares

Distribución

Nativo

Trópico de América, probable de Perú a México

Introducido/ Naturalizado

Ampliamente distribuido en todo el trópico y subtropical, incluido parte del Mediterráneo. Cultivado y naturalizado en el Caribe.



Hábitat

Común en pastos, matorrales, montes secos, orillas de camino y jardines.

Propagación

- Siembra directa * * *
- Plántulas * * *
- Propagación vegetativa * * *

Cultivación y Mantenimiento

- Poda/ descope * * *
- Enmalezado * * *
- Resistencia al pastoreo * * *
- Resistencia al fuego * * *
- Resistencia a plagas /Enfermedad * * *

Requerimientos del sitio de siembra

Suelo

- Profundidad superficial-profunda
- Estado nutricional bajo
- pH 4.5-8.2
- Drenaje tolera inundación
- Tipo de suelo suelos livianos

Altitud

0-1400 msnm

Clima

- Temperatura 0° – 45° C
- Precipitación 500-3000 mm
- Estacionalidad

Bioingeniería

Forma de la raíz

Fibrosa	* *
Profundidad	* *
Extensión	* *
Primaria	* * *

Usos

Captura	* * *
Protege	
Apoya	* * *
Refuerza	* * *
Drena	
Mejora	

Notas

Crece vigorosamente en áreas intervenidas. Da frutos después de dos años y continúa dando frutos por 30 años. Sus extensas raíces primarias y facilidad de propagación lo hace muy adecuado para estabilización de suelo aunque existe el riesgo que se convierta en maleza.

Otros Usos

Caribe Se come la fruta o se utiliza para hacer jalea, conservas, jugo, pasta de guayaba y vino. Las ramitas se utilizan para mascarlas y las ramas como escobas, leña y carbón. En todo el Caribe se hace té con las hojas para tratar la diarrea y el dolor de estómago.

Otros lugares Mangos para herramientas, construcción de trojas para guardar la cosecha, estacas, fruta, medicina, control de erosión y cercas vivas.

Información adicional

Barlow, V. (1993) **The Nature of the Island: Plants and Animals of the Eastern Caribbean.**

Chris Doyle Publishing and Cruising Guide Publications. 152 pp.

Carrington, S. (1993) **Wild Plants of Barbados.** Macmillan Caribbean. 128 pp.

Descripción

Pasto perenne tupido, que forma grandes arbustos de macollas gruesas. El tallo alcanza 3.0 m de altura, pero 1.0 – 1.5 m es más común.

Distribución**Nativo**

Planicies tropicales y subtropicales en todo el norte de la India, Bangladesh y Birmania.

Introducido/ Naturalizado

Tipo “domesticado” del sur de la India, ahora se encuentra en al menos setenta países, incluido el Caribe.

Hábitat

Crece silvestre en lugares húmedos y bajos. Cuando son introducidos crecen en una variedad de hábitat.

Propagación

Siembra directa

Plántulas

Propagación vegetativa ***

Cultivo y Mantenimiento

Poda/ descope

Enmalezado

Resistencia al pastoreo ***

Resistencia al fuego ***

Resistencia a plagas /Enfermedad ***

Requerimientos del sitio de siembra**Suelo**

Profundidad superficial-profunda

Estado nutricional

pH 4.0-11.0

Drenaje variedad de condiciones

Tipo de suelo amplia gama de suelos

Altitud

0-1500 msnm

Clima

Temperatura 0° – 46° C

Precipitación 500-3000 mm

Estacionalidad 0-8 meses

estación seca



Bioingeniería

Forma de la raíz

Fibrosa	* * *
Profundidad	* * *
Extensión	* * *
Primaria	

Usos

Captura	* * *
Protege	* *
Apoya	
Refuerza	* * *
Drena	* *
Mejora	*

Notas

El pasto vetiver se ha utilizado por décadas en regiones tales como el Caribe como una barrera viva, sencilla de bajo costo para mantenimiento; como barrera contra la erosión en las orillas de los caminos y campos agrícolas. La semilla es estéril o tiene poca viabilidad y la especie se propaga con retoños. Las raíces son numerosas, fuertes y fibrosas y cuando dos plantas están juntas las raíces se unen y forman una red subterránea. En suelos arenosos, las raíces pueden alcanzar 0.5 m de profundidad. Los tallos son fuertes, duros y lignificados, y actúan como un empalizado de madera a lo largo de un talud. Las barreras de vetiver, por lo tanto pueden reducir las escorrentías y la pérdida gradual de suelo y además de aumentar la infiltración. Las plantas toleran entierro parcial y rebrotarán.

Otros Usos

Caribe Haití es el segundo suplidor más grande de aceite de vetiver, el cual proviene de la raíz y se utiliza en perfumería. La hierba también se usa para ornamentar y el follaje para hacer petates y manualidades especialmente en Dominica y Jamaica a la vez que es usado como sudadero (Pelero) para caballos en Barbados.

Otros lugares En el estado de Karnataka en la India, el vetiver se ha usado durante 200 años y se cultiva para forraje y paja para techo. También se usan las copas para hacer abono verde.

Información adicional

National Research Council. (1993) **Vetiver Grass: A Thin Green Line Against Erosion.**

Washington, D.C.: National Academy Press. 171 pp.

Newsletters of the Vetiver Information Network (p.116)

Descripción

Distribución

Nativo

Introducido/ Naturalizado

Hábitat

Propagación

Siembra directa
Plántulas
Propagación vegetativa

Cultivo y Mantenimiento

Poda/ descope
Enmalezado
Resistencia al pastoreo
Resistencia al fuego
Resistencia a plagas /Enfermedad

Requerimientos del sitio de siembra

Suelo

Profundidad
Estado nutricional
pH
Drenaje
Tipo de suelo

Altitud

Clima

Temperatura
Precipitación
Estacionalidad

Bioingeniería

Forma de la raíz

Fibrosa
Profundidad
Extensión
Primaria

Usos

Captura
Protege
Apoya
Refuerza
Drena
Mejora

Notas

Otros Usos

Información adicional

Especificaciones

Especificaciones detalladas para la propagación exitosa de cinco tipos de plantas más comunes requeridas para aquellos que desean implementar técnicas de bioingeniería en el campo.

Especificación A

Existen muchas especies de bambú, cada una con su propio uso y características. En el Caribe, *Bambusa vulgaris* es la más común, siendo un bambú largo que puede alcanzar 10-15 m de altura.

El *B. vulgaris* ha sido utilizado extensivamente en el Caribe para la protección de taludes. Sus rizomas son extremadamente fuertes y forman una cubierta apretada que protege el suelo alrededor de la macolla hasta una profundidad de aproximadamente 300-500 mm. Bajo las rizomas y extendiéndose a un radio de cerca de 10m y a veces mayor hay una fina pero densa red de raíces que refuerzan el suelo. Los doseles de *B. vulgaris*, se caracterizan por una red de ramas y hojas que se extienden hasta la base de los tallos interceptando la lluvia.

Un tallo de bambú maduro pesa aproximadamente 30 kg. Una macolla puede contener de 50-70 tallos y por lo tanto pesar dos toneladas. Los rizomas también pueden añadir peso a una macolla, especialmente cuando está mojada. El peso de una macolla de bambú puede añadir carga a las laderas y el ingeniero puede utilizar esta carga en la base de la ladera. Macollas aisladas de bambú maduro en una pendiente mayor a 30 grados pueden estar sujetas al deslizamiento en condiciones de tormenta cuando el suelo está saturado. Macollas de bambú sembrados en el fondo de un cauce angosto tienden a unirse para formar una masa de raíces y doseles. Ayudan a apoyar y se apuntalan entre sí a la vez que estabilizan el cauce.

En el Caribe, las tormentas tropicales a menudo llegan a tener fuerza de huracán, pueden causar daños significativos a la vegetación. La flexibilidad de los tallos de bambú, y su habilidad de formar macollas les permite soportar fuertes vientos y recuperarse rápidamente de eventos catastróficos.

Las cualidades del bambú han sido reconocidas por ingenieros de carreteras en el pasado. El bambú maduro es sembrado en zonas adyacentes al camino, más frecuentemente en el lado de declive del camino donde ha sido usado para limitar la sensación de exposición a laderas empinadas. Se ha reportado que el Bambú ha sido sembrado por ingenieros para mejorar la estabilidad de taludes de caminos en áreas de pendientes durante el periodo de construcción. Por ejemplo, se observa en áreas de alta precipitación en Dominica a lo largo de Grand View Road; en Santa Lucía sobre West Coast Road entre Canaries y Soufriere; y en la parte norte de Trinidad.

B. vulgaris es una especie introducida en el Caribe que ahora se ha naturalizado. La mayoría del bambú con una altura por encima de los 10 m es *B. vulgaris*. Un bambú ornamental de menor tamaño también ha sido introducido a la región. Se conoce localmente como Bambú chino y se cree que es *B. multiplex*, aunque esto debe confirmarse. El bambú pequeño sólo se recomienda para uso en bioingeniería siempre y cuando no se extienda rápidamente. *B. multiplex* crece en macollas y no se extiende. Sin embargo,

Propagación de *Bambusa vulgaris* (Bambú)

Cuadro 5 Propagación vegetativa del <i>B. vulgaris</i>	
Método	Ventaja o uso específico
Estacas con nodos sencillos o dobles colocadas en posición horizontal	Una manera eficaz en términos de costo de producir grandes cantidades de plantas. La tasa de supervivencia cuando es sembrado directamente en un sitio es de aproximadamente 45%, aunque esto puede aumentarse produciendo las plantas en un vivero y sembrándolas posteriormente en el sitio.
Estacas de tallo completo colocadas en posición horizontal	Adecuado para uso en estructuras largas, horizontales y lineales tales como minipresas. El bambú colocado de forma horizontal puede formar una barrera en todo el talud y se ha reportado que cuando se entierra el tallo produce raíces y brotes a lo largo del mismo. Esto no se logra con facilidad y para aumentar la tasa de supervivencia, se recomienda que el tallo sembrado incluya una parte del rizoma. Los brotes se desarrollan con más frecuencia a partir del rizoma.

otros tipos de bambú tales como el *Chimonbambusa spp.* se extiende a partir de rizomas y si no se le controla se puede convertir en invasor.

Para mayor información sobre *B. vulgaris* véase la hoja de especies en página 50.

B. vulgaris desempeña un papel útil en la bioingeniería, especialmente para el fortalecimiento de las hondonadas o de las riberas de los ríos y para su uso en la base de las laderas en áreas que son botaderos de tierra. *B. vulgaris* se extenderá un poco a medida que la macolla se desarrolla y puede ser difícil de erradicar. Esta especie competirá con otros cultivos por la humedad y los nutrientes hasta una distancia de 10 metros. Esto puede ser significativo si los terrenos son pequeños y por lo tanto, debe usarse con cuidado en zonas adyacentes a tierras de cultivo y sólo colocarse en zonas adyacentes a tierras privadas o en ellas, con el debido permiso del dueño.

Para tareas específicas de bioingeniería, tales como la rehabilitación de botaderos de tierra, se pueden necesitar grandes cantidades de plantas de bambú. Para bioingeniería, el *B. vulgaris* se propaga de estacas de nudo sencillo, doble y de estacas de tallo complejo colocadas en posición horizontal. La función de bioingeniería que se espera realice la especie puede ser lo que determine la forma de propagar el *B. vulgaris*. (Cuadro 5).

La práctica tradicional de propagar el *B. vulgaris* varía de isla en isla y aún dentro de las mismas islas. El método más común usa estacas de 1-2 m de largo, sembrados en posición vertical. Para una tarea de bioingeniería el ingeniero puede requerir gran cantidad de bambú y por lo tanto es importante seleccionar el método de propagación que brinde la mejor tasa de supervivencia. A continuación se brindan las especificaciones para la propagación a partir de estacas de nudos sencillos y dobles y de tallos completos. Estos métodos han sido probados por los autores en el campo y su éxito depende del cuidado y la atención que se tengan en los detalles para maximizar la tasa de supervivencia de las estacas.

A1 Especificaciones para la selección de tallos de *B. vulgaris*

La clave para la propagación exitosa del *B. vulgaris* es en la selección de material de buena calidad.

Seleccione una macolla saludable de *B. vulgaris* que posea tallos de distintas edades.

Identifique tallos de dos o tres años de edad. Si no se conoce la edad de los tallos, estímelos según las siguientes características.

- Los tallos que están muy jóvenes tienen una superficie brillante y las ramas laterales no están bien desarrolladas,
- Los tallos que son muy viejos tienen una cubierta delgada de líquenes creciendo en ellos. Las ramas laterales están bien desarrolladas.

Identifique los tallos que tengan brotes pronunciados y ramas sanas en los nudos, o tallos más viejos que posean raíces aéreas en la base de las ramas más grandes.

No corte todos los tallos de una macolla ya que esto le causaría un daño grave y pondría en peligro el crecimiento de nuevos tallos.

Asegúrese cuando corte los tallos de no dañar los brotes ya que el *B. Vulgaris* solamente desarrollará raíces y retoños de los brotes que se encuentran en el tallo y en las bases de las ramas.

No corte más tallos de bambú de los que puede usar en un día. Esto asegurará que el material de siembra permanece fresco. Mantenga los tallos frescos y húmedos durante su almacenamiento y transporte. Esto puede lograrse cubriendo los tallos con un material que conserve la humedad.

A2 Especificación para la preparación y siembra de estacas de nudo sencillo o doble

En las actividades de bioingeniería donde se necesita una gran cantidad de plantas, este método de propagación tiene ventajas. Un tallo maduro de *B. vulgaris* puede tener 20-30 nudos. La habilidad para establecer plantas de bambú a partir de estacas de nudo sencillo o doble significa que con una tasa de supervivencia del 40% se pueden generar potencialmente 8-12 plantas de un tallo.

Corte las estacas justo antes del crecimiento de nuevos retoños de ramas y hojas. El momento para hacerlo varía de isla a isla pero usualmente ocurre entre mayo y junio.

Seleccione tallos de dos o tres años de edad con ramas fuertes de las cuales se puedan preparar estacas (véase las especificaciones para la selección de tallos de bambú para propagación).

Recorte las ramas laterales del bambú cortando la rama central a una distancia de 200 mm adelante del primer entrenudo y las ramas pequeñas hasta el tallo.

Corte el tallo en estacas de doble nudo. Cada estaca debe contener un nudo con un brote o rama fuertes. Descarte las estacas que no posean ningún brote o rama porque no se desarrollarán.

Coloque las estacas en la tierra de manera que el tallo termine justo debajo del nivel de la tierra.

Coloque el brote y rama más fuertes viendo hacia abajo en la tierra ya que los brotes que se encuentran hacia abajo tienen más probabilidades de desarrollar retoños con raíces.

Siembre las estacas al inicio de las lluvias. La siembra directa de estacas de bambú no es recomendable en áreas muy secas porque el bambú es susceptible a la desecación. Un área demasiado seca puede definirse como una que reciba menos de 30mm de lluvia al año.

Los primeros brotes que se desarrollen de las estacas no indican que éstas hayan echado raíces y no deben usarse como una medida de establecimiento exitoso en el sitio. La producción de segundos brotes más grandes es una indicación más segura de que las estacas han echado raíces y de que sobrevivirán.

Si se desea usar bambú en sitios secos es mejor plantar las estacas de nudo sencillo y doble en un vivero temporal en donde puedan ser regados diariamente.

Las estacas que hayan echado raíces y producido retoños exitosamente pueden, después de 12 meses en el vivero, sembrarse en el sitio al inicio de las lluvias (véase las especificaciones para el establecimiento de un vivero de bambú).

A3 Especificación para la preparación y siembra de estacas de tallo completo

Se han realizado experimentos en un intento por alentar al bambú a desarrollar raíces y retoños de todos los nudos de un tallo de bambú sembrado en posición horizontal. Esto funciona mejor con algunas especies que con otras, pero por lo general los resultados son pobres y los retoños y raíces rara vez se desarrollan a todo lo largo del tallo. Sin embargo, a pesar de esto, los tallos colocados en posición horizontal pueden ser útiles en bioingeniería ya que actúan como barreras a lo largo de laderas o de hondonadas anchas. Pueden usarse en colaboración con otro material vegetativo. Un tallo colocado en posición horizontal que haya sido sembrado con una porción de rizoma tiene más probabilidades de desarrollar raíces y retoños en el extremo basal que un tallo plantado sin una parte del rizoma. Las raíces y los retoños en el extremo basal pueden constituir un punto de anclaje fuerte y se pueden desarrollar tallos maduros en el año 2.

Seleccione un tallo de buena calidad de dos a tres años de edad (véase las especificaciones para la selección de tallos de bambú para la propagación).

Es muy trabajoso extraer un tallo con una porción de rizoma pegada y es más fácil si el tallo se encuentra en la parte exterior de la macolla.

Procure extraer el tallo con una cantidad de rizoma intacto.

Recorte las ramas laterales del bambú, cortando la rama central a una distancia de 200 mm más allá del primer entrenudo. Corte las ramas pequeñas hasta el tallo.

Siembre el tallo en un surco de poca profundidad al inicio de las lluvias. Si se requiere de una longitud menor de bambú, el tallo debe podarse hasta el tamaño deseado.

Si el tallo de bambú está siendo usado en una presa de control, **coloque** el rizoma intacto en lados alternos de la hondonada. La densa red fibrosa de raíces que se desarrollará posteriormente fortalecerá el costado de la hondonada y el tallo horizontal puede actuar como una barrera a lo largo del lecho de la hondonada (véase la Ilustración 2).

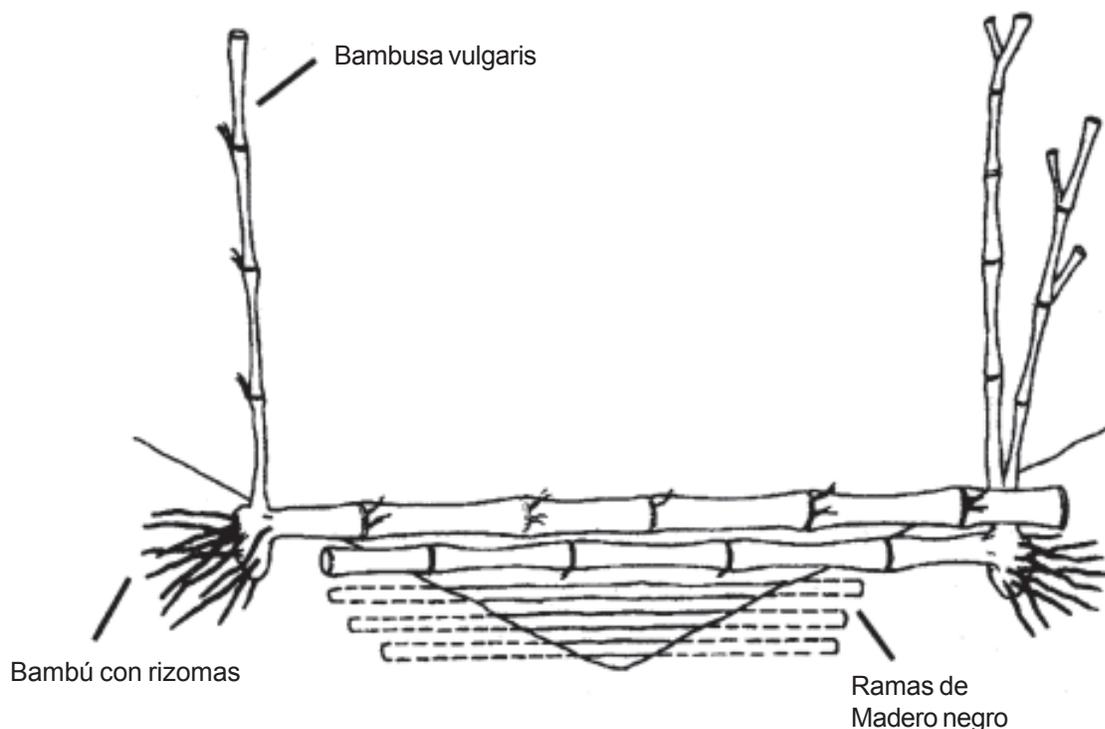


Figura 2 Tallos de *B. Vulgaris* colocados en posición horizontal, utilizados en presas vivas de control

A4 Especificaciones para establecimiento de un vivero de bambú

Si se necesita un gran número de plantas de bambú puede que sea más eficaz en términos de costo establecer plantas con raíces en un vivero y sembrarlas en el sitio 12 meses más tarde. Las plantas producidas en vivero tendrán una tasa de supervivencia mucho más alta en el campo que las sembradas *in situ*. En un vivero bien manejado, el 95% de las estacas con raíces generarán tanto raíces como retoños.

La producción de estacas de bambú en un vivero puede ser combinado con un vivero de pasto (véase especificación C sobre pasto vetiver). El trabajo asociado con el establecimiento y manejo de un vivero de bambú es apto para pequeños contratos con la comunidad de productores que viven en la zona aledaña al camino. Los viveros temporales de bambú pueden establecerse dentro del derecho de vía o en vertederos.

Prepare almácigos para las estacas. Los almácigos deben tener 1-1.5 m de ancho para permitir un fácil acceso desde cualquier lado del almácigo. El suelo debe estar bien trabajado. Se prefiere arcilla y remover todas las rocas.

Debe estar disponible una fuente de agua que permita regar las estacas sembradas diariamente durante la estación seca. El agua es usualmente el principal factor limitante para el crecimiento de los retoños. El suelo debe permanecer húmedo pero no saturado pues esto puede provocar que las raíces se pudran.

Seleccione y prepare estacas de nudo sencillo o doble de *B. vulgaris* tal como se señala en la especificación A2.

Coloque las estacas en el suelo manteniendo una distancia de cerca de 100 mm entre ellas.

Las estacas de bambú que no hayan mostrado ninguna señal de crecimiento después de dos a tres meses deben retirarse del almácigo y descartarse.

Los primeros retoños que aparecen después de la siembra puede que mueran después de dos o tres meses y después se reemplazarán con retoños mas grandes y vigorosos. Esta segunda generación de retoños tendrá raíces abundantes y conformarán el material de siembra.

Después de doce meses en el vivero las estacas sobrevivientes con raíces pueden sembrarse en el sitio. Después de sacarlas del almácigo en el vivero, las plantas deben tratarse con cuidado. Las estacas deben mantenerse en la sombra, húmedas y frescas hasta que se siembren en el sitio en surcos de siembra preparadas al inicio de las lluvias.

Especificación B

El modo más eficaz de proteger el suelo de la erosión es creando un dosel de varios niveles con raíces profundas. El ingeniero debe apuntar a recrear este efecto de varias capas en suelos propensos a la erosión usando una variedad de pastos, arbustos y especies de árboles.

Los arbustos y los árboles desempeñan un papel importante en un sistema de varios niveles.

- pueden ser manejados para dar una copa baja y densa que pueda interceptar la lluvia.
- proveen una raíz mas profunda que la mayoría de las especies de pasto. Este es el caso especialmente cuando son propagados por medio de semillas y después desarrollan una raíz primaria.
- sus raíces tienden a ser resistentes al rompimiento y las raíces laterales soportan fuerzas extractivas.

Las siguientes especificaciones tienen como meta guiar al ingeniero en la selección de semillas sanas, su siembra y posterior cuidado en el sitio.

Viveros

El manual no puede brindar información detallada acerca del establecimiento de un vivero de bioingeniería. La mayoría de las islas del Caribe cuentan con Departamentos Forestales que pueden brindar asesoría acerca del establecimiento de viveros.

Un vivero de bioingeniería puede ser manejado de la misma manera que un vivero forestal temporal de bajo costo. Cuando se hable de establecer un vivero con personal del Departamento Forestal existen diferencias importantes entre un vivero forestal comercial y uno de bioingeniería que el ingeniero debe conocer.

La tasa de supervivencia y la efectividad de un árbol o arbusto dependerá en gran medida de la calidad de las plántulas sembradas. Los viveros bien manejados tienen más probabilidades de producir árboles de calidad. Por tanto, seleccione bien su vivero. Los viveros deben estar limpios, el suelo húmedo y libre de malezas y las plantas deben estar bien separadas entre ellas con espacio para desarrollarse. Verifique la calidad de las plantas antes de ordenarlas o comprarlas.

Selección de las especies El ingeniero debe poder establecer cuales son las necesidades del proyecto; las plantas deben ser seleccionadas por sus propiedades bioingenieriles y no por sus cualidades forestales o paisajísticas.

Densidad de siembra La densidad de siembra en un proyecto de bioingeniería es mayor que en la mayoría de esquemas de siembra forestal.

Disponibilidad de semillas Es posible que las especies que requiera el ingeniero no se encuentren disponibles en poco tiempo en el vivero, especialmente si estas son especies no comerciales y se tenga que identificar una fuente de semillas. El ingeniero debe organizar por adelantado la producción de especies menos conocidas. La mayoría de los viveros necesitarían un aviso con por lo menos 12 meses de anticipación.

A continuación se presentan ejemplos de especies no comerciales que tienen una aplicación para la bioingeniería pero que pueden no estar disponibles comercialmente:

<i>Albizia lebbbeck</i>	Lengua de suegra
<i>Bauhinia purpurea</i>	
<i>Cajanus cajan</i>	Gandul
<i>Psidium guajava</i>	Guayava
<i>Haematoxylum campechianum</i>	Palo campeche
<i>Zizyphus mauritania</i>	

Propagación de especies de pastos Los viveros comerciales o forestales tienen muy poca o ninguna experiencia en la producción de pastos. La producción de especies de pastos se logra de mejor manera a través de un contrato específico (véase la especificación E).

Existen también varias publicaciones que dan pautas sobre el establecimiento y manejo de viveros. En particular, existen dos libros que pueden ser de interés para los ingenieros en el Caribe.

Liegel, L.H. et al. (1987). **Technical Guide for Forest Nursery Management in the Caribbean and Latin America**. Forest Services General Technical Report. Southern Forest Experiment Station, New Orleans, USA. 164 pp.

Napier, I. (1985) **Técnicas de Viveros Forestales con Referencia Especial a Centroamérica**. Publicación Miscelánea No. 5. Julio 1985. Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal.

B1 Especificación para la selección de plántulas de calidad

Los sitios de bioingeniería tienden a caracterizarse por un subsuelo pedregoso que a menudo es deficiente en nutrientes esenciales. Sólo especies robustas deben ser seleccionadas (véase las secciones sobre selección de especies (pp. 10-12) y las páginas sobre especies, (pp. 47-71).

La forma más común de producir plántulas en el Caribe es a partir de la semilla en bolsas de polietileno. Las bolsas son de aproximadamente 15 cm. de largo y 5 cm de diámetro. Son fáciles de transportar y facilitan el manejo de los árboles.

Cómo seleccionar una plántula de calidad La selección de plántulas de calidad es esencial porque una plántula de baja calidad nunca se desarrollará en un árbol de calidad, capaz de desempeñar las funciones requeridas de bioingeniería.

Al comprar o seleccionar las plántulas evite lo siguiente:

- **Plántulas ligadas a la bolsa** con raíces que estén torcidas y apretadas dentro de la bolsa de polietileno. Es posible que las raíces tengan un diámetro de 10 mm y salgan de la base de la bolsa. Esto indica que la plántula es vieja.
- **Plántulas con raíces torcidas.** Retire la bolsa de polietileno de una muestra de los árboles y revise las raíces. Si se siembra una plántula con raíces torcidas la parte torcida permanecerá a medida que las raíces aumentan de tamaño. Eventualmente las raíces pueden estrangularse unas con otras, matando a la planta o limitando su crecimiento. La parte torcida de la raíz puede también actuar como un punto débil, aumentando la posibilidad de que el árbol se caiga con vientos fuertes. Los árboles con raíces torcidas no podrán proporcionar el reforzamiento necesario al suelo para ayudar a fortalecer las laderas.
- **Los árboles largos y delgados** tienen una raíz de poco diámetro donde el tallo entra al suelo. Esto indica que la plántula ha recibido excesiva sombra o que ha crecido muy cerca de otras. El tallo resultante es suave, débil y sujeto a daños. La relación de raíz a retoño de una plántula es un indicador de vigor. No seleccione plántulas con un retoño alto y raíces poco desarrolladas. Una planta de calidad poseerá una mayor relación de raíz a retoño.
- **Un follaje descolorido** puede indicar que el árbol está sufriendo de deficiencia de nutrientes, enfermedades o daño causado por insectos.

B2 Especificación para el manejo y siembra de plántulas

Debe prepararse el sitio de siembra (véase la especificación B3 sobre la preparación del sitio).

Las plántulas sólo deben sembrarse al inicio o durante la temporada lluviosa.

Las plantas deben mantenerse en un lugar fresco y a la sombra antes de sembrarlas.

Si van a dejarse por varios días antes de plantarse, deben tomarse medidas para que las plántulas sean regadas todos los días.

Las plántulas deben manipularse con cuidado. Nunca tome una plántula por las ramas, tómela firmemente del tallo en la base o sostenga la bolsa de polietileno.

El espacio entre las plántulas debe ser determinado por el ingeniero. Los árboles más grandes usualmente se plantan cada 2 metros.

Deben prepararse con anticipación los huecos de siembra. Para plántulas pequeñas de un año debe cavarse huecos circulares de 300 mm de diámetro y 300 mm de profundidad para cada plántula. Si las plántulas están más crecidas con largas raíces, será necesario un hueco más grande. El suelo estar bien excavado, aflojado, y si hay disponible, debe añadirse una cubierta de abono orgánico.

La preparación del hueco puede realizarse con anticipación a la fecha de siembra para distribuir los requerimientos de trabajo.

Antes de la siembra, **siempre se deben** retirar las bolsas de polietileno y aflojar la tierra alrededor de las raíces.

Se procede a sembrar la plántula en el hueco preparado. Debe quedar bien asegurada en el suelo. Esto puede comprobarse jalando una plántula suave pero con firmeza por donde el retoño emerge de la tierra. Si la plántula se sale del suelo, no ha sido sembrada correctamente.

La base de la plántula debe cubrirse con abono hecho de pasto cortado o desechos agrícolas. Esto ayuda a retener la humedad y a eliminar malezas que pudiesen competir con las plántulas jóvenes.

Deben cortarse todas las malezas en un radio de 1 metro alrededor de la plántula para reducir la competencia.

Si existe el peligro de pastoreo es necesario cercar el sitio hasta que los árboles hayan sobrepasado la altura de los animales. Como alternativa, pueden protegerse los árboles individuales con una red de alambre o con simples jaulas de bambú.

No se debe subestimar el mantenimiento y cuidado necesarios para que las plántulas se conviertan en árboles saludables. La falta de protección contra el pastoreo del ganado y el vandalismo son dos causas comunes de fracaso. Es importante informar a la población local acerca de la siembra y obtener su cooperación y apoyo para la siembra de los árboles. Sin este apoyo es posible que la siembra no tenga éxito. Seleccionar y sembrar especies de árboles que son apreciados por la población o que ésta pueda utilizar es a menudo una forma de obtener su apoyo en cuanto a protección y manejo.

La siembra de árboles con fines ornamentales es una habilidad especial que está más allá del alcance de este manual. Se debe contratar a un arquitecto paisajista profesional y a un contratista para diseñar, implementar y manejar siembras con propósitos paisajistas. El nivel de inversión y de cuidados posteriores es mucho mayor que la bioingeniería de rutina. La selección de especies también sería diferente.

B3 Siembra directa de semillas de árboles en el sitio

Otra manera de establecer árboles en laderas es mediante la siembra directa de semillas. Las ventajas de la siembra directa de semillas es que no se necesita establecer un vivero y es más probable que las especies desarrollen una mejor raíz primaria. Si embargo, el éxito de la siembra directa es muy variable y depende de muchos factores impredecibles tales como las condiciones climáticas.

Para que la siembra directa de semillas sea efectiva, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Selección del sitio. La ladera debe ser estable con una erosión limitada de la superficie. También es importante que no exista mucha vegetación en el suelo que pueda competir con las plántulas emergentes.
- Debe haber disponibilidad de semilla barata y en grandes cantidades. El ingeniero puede recolectar localmente semilla para la siembra directa.
- La especie seleccionada debe poseer una semilla con alto porcentaje de germinación y que sea capaz de germinar en condiciones adversas de un sitio al descubierto.

Árboles que pueden sembrarse directamente en el sitio incluyen:

Bauhinia purpurea

Albizia lebbek (Lengua de suegra)

Psidium guajava (Guayava)

Gliricidia sepium (Madero negro)

Leucaena leucocephala (Leucaena)

Azadirachta indica (Neem)

Calliandra spp. (Calliandra)

Cajanus cajan (Gandul)

Zizyphus mauritiana

Germinación 79-90% 4000-5000 semillas/ kg

Germinación 50-85% 7000-12,000 semill/ kg

500,000/kg de semillas

Germinación 70-90% 6000-8000 semillas/ kg

Germinación 50-85% 13,000-34,000 sem/ kg

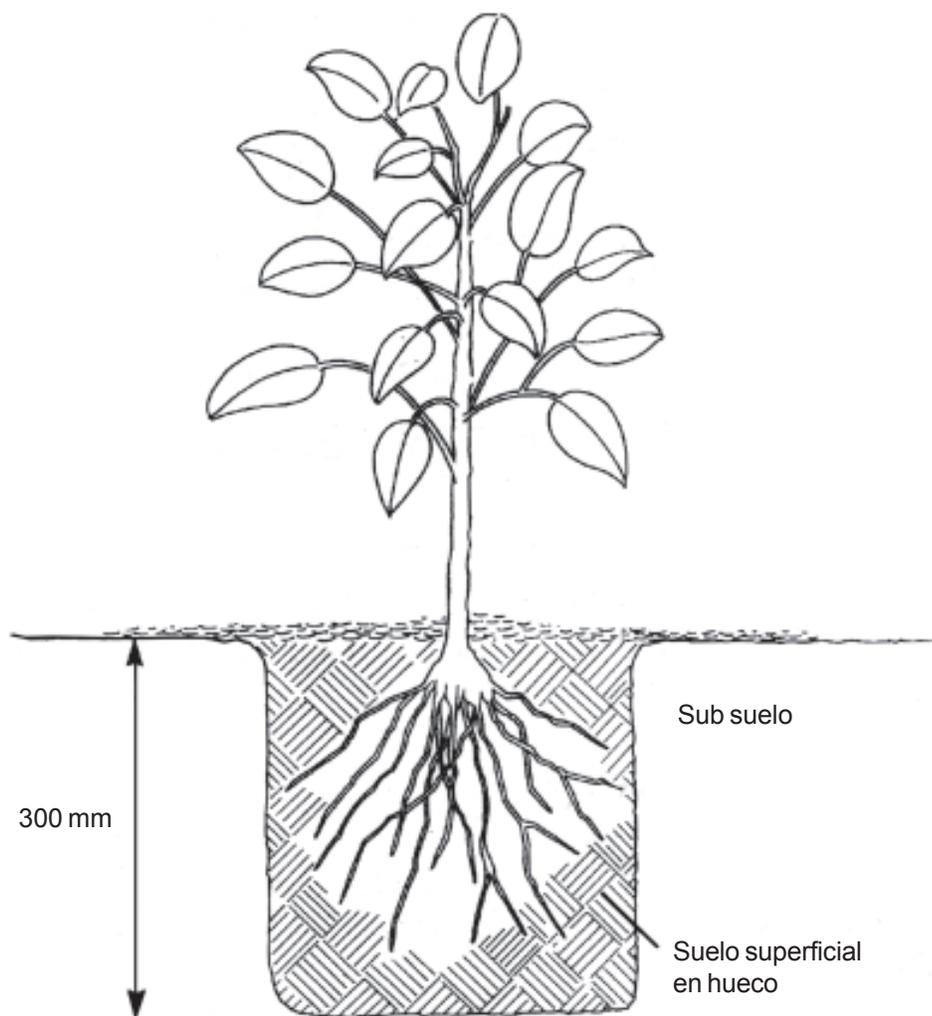
Semillas frescas necesarias. 500 semillas/kg

19,000 semillas/ kg

Recolectadas localmente, no importadas

Quebrar la cubierta de la semilla antes de sembrarla. 400

2000 semillas/ kg



Preparación del sitio

- **Prepare el área de siembra** con un azadón como si se tratara de un cultivo agrícola. Esto facilita la penetración de la raíz. Para áreas grandes esto puede hacerse en hileras o en áreas específicas.
- **Siembre las semillas** en el área preparada al inicio de la temporada lluviosa. Esto ayuda a asegurar que la raíz se desarrolle temprano y que las plántulas jóvenes sean lo suficientemente fuertes para sobrevivir las fuertes lluvias.
- **Espere pérdidas y fracasos**, por tanto siembre las semillas a una mayor densidad de lo que se desee cultivar finalmente.
- **No esparza las semillas.** En vez de esto, colóquelas en hoyos preparados de poca profundidad.
- **Cubra** con una capa de tierra 1-2 veces el diámetro de la semilla.
- **Cubra** el fondo del hueco antes de colocar la semilla con una cubierta fina de pasto, hierbas, polvo o fibra de coco.
- **Mantenga** las plántulas jóvenes libres de maleza para permitirles desarrollarse.
- **Vuelva a espaciar** las plantas en el segundo año si fuese necesario. Algunas áreas pueden mostrar una mayor tasa de supervivencia que otras. Si la tasa de supervivencia es muy baja debe hacerse una re-siembra.

Especificación C

La *Vetiveria zizanioides* (pasto vetiver) se propaga a partir de la división de las raíces de las macollas maduras. Estas divisiones de raíces son comúnmente llamadas retoños.

Idealmente la identificación de una fuente de pasto vetiver de calidad para la estabilización de laderas o pendientes debe hacerse antes de que se necesite el pasto. Al inicio de un nuevo programa de obras tal como un proyecto de ampliación del derecho de vía de un camino, esto debe hacerse en la etapa de diseño del proyecto. Para un trabajo de mantenimiento periódico en ejecución debe identificarse una fuente continua y sostenible de pasto vetiver. Bajo ninguna circunstancia se debe agotar la existencia de pasto vetiver en un área por extracción excesiva. Si se requieren grandes cantidades de pasto vetiver el ingeniero debe tomar medidas para aumentar la existencia de material de siembra en vivero.

¿Existe una fuente local de pasto vetiver en suficientes cantidades para suplir las necesidades de bioingeniería del proyecto? (SI/NO)



Si la respuesta es SI, ¿es esta fuente sostenible? (SI/NO)



Si la respuesta es SI entonces utilice esta fuente para preparar retoños para la siembra (Especificación C1)



Si la respuesta es NO entonces establezca una parcela para la multiplicación de pasto vetiver (Especificación C3)

C1 Especificación para la selección y preparación de retoños de pasto vetiver apropiados para sembrarlos directamente en el sitio

- El contratista, en consulta con el ingeniero, debe identificar una fuente de pasto vetiver donde se pueda garantizar una producción sostenida de retoños sin dañar la fuente original o el suelo de donde se sacaron la macolla de pasto vetiver.
- **Asegurarse de** que los retoños no sean tomados de macollas de vetiver que ha florecido o producido semillas (la floración disminuye el vigor en las plantas producidas vegetativamente).

- **Prepare** los retoños

Recorte la macolla de pasto vetiver maduro hasta una longitud de 300 mm. para un fácil manejo.

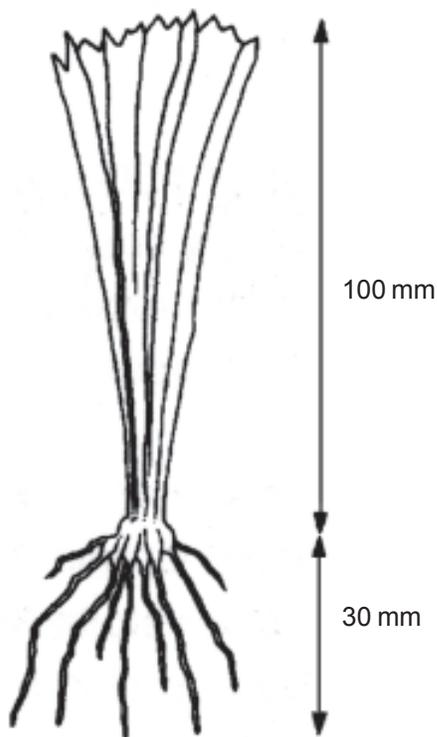
Arranque la macolla madura de pasto vetiver

Divida el matón en retoños individuales. Un matón maduro de pasto vetiver con un diámetro de 30 cm. proporcionará aproximadamente 25-30 retoños. Después de que los retoños se hayan dividido no deseche la capa de raíces sobrante. Esta puede subdividirse posteriormente y generar nuevas plantas.

Recorte las raíces existentes de cada retoño a una longitud de 30 mm. Evite dañar la base del retoño ya que es aquí donde se desarrollarán nuevas raíces. Las raíces recortadas existentes no se regenerarán y se usarán solamente para anclar a la planta hasta que se desarrollen nuevas raíces.

Recorte el tallo del retoño hasta 100 mm.

- **Coloque** juntos los retoños preparados en manojos de aproximadamente 20 plantas para facilitar el manejo en la ladera.



Retoño individual

- **Coloque** los manojos en un lugar sombreado y fresco hasta que vayan a sembrarse. No deje los retoños preparados por más de un día antes de sembrarlos. Si es posible, use material fresco cada día.

C2 Especificación para la siembra de pasto vetiver en el sitio

La siembra de pastos en laderas pretende crear una superficie de ladera fortalecida que sea resistente a la erosión del suelo. Véase la especificación C4 sobre la preparación de las laderas antes de la siembra.

La siembra de pasto vetiver es un trabajo delicado y requiere cuidado y atención a los detalles a fin de maximizar la tasa de supervivencia de las plantas. El contratista debe asegurarse de que los retoños preparados se mantienen frescos y húmedos mientras estén en el sitio. Es importante no dejar los retoños expuestos a la luz del sol pues pueden secarse.

Siembre la ladera comenzando en la cima y siguiendo hacia abajo. Evite caminar sobre las plantas recién establecidas.

El ingeniero especificará al contratista el espaciamiento de las plantas acorde con la gravedad y tipo de la erosión. El espaciamiento correcto del pasto vetiver requiere encontrar un equilibrio entre el costo de la siembra y la efectividad de la siembra que se necesita.

El pasto vetiver sembrado en un espaciamiento cercano de 150 mm será más efectivo como barrera a la escorrentía superficial más pronto que las plantas sembradas con espaciamiento amplio. La selección de un espaciamiento apropiado será asunto de experiencia de campo para una situación en particular y tendrá que corresponder con el presupuesto disponible.

En el cuadro 6 se dan orientaciones para el espaciamiento de las plantas de pasto vetiver. Estas orientaciones se basan en la gravedad del problema de erosión y el tipo de cobertura requerida. Las laderas son raramente uniformes ya sea en el ángulo de la pendiente o el tipo de suelo y por tanto el espaciamiento ideal podría variar. El espaciamiento también podría ser afectado por la presencia de piedras, rocas, y cambios en gradiente.

Usando un machete o una barra de metal, prepare un agujero de siembra de aproximadamente 70-100 mm. de profundidad y 50 mm de ancho. Coloque el retoño de pasto vetiver en el agujero preparado sin doblar las raíces.

Cuadro 6 Espaciamiento sugerido de *V. zizanioides* para el control efectivo de la erosión

Uso	Material altamente erosionable no cohesionado en laderas escarpadas (<45°)	Erosión de riesgo mediano en laderas de 30-45°	Erosión de bajo riesgo, material altamente cohesionado en laderas <30°
Curva a nivel	150 mm entre plantas en surcos dobles desalineados. 0.5 m entre surcos.	150 - 200 mm entre plantas en surcos dobles desalineados. 1.0 m entre surcos.	200 mm entre plantas en surcos dobles desalineados. 1.0 – 1.5 m entre surcos.
Cobertura total	150 mm entre plantas en surcos desalineados. 150 mm entre surcos que son continuos a través de toda la ladera.	150 mm entre plantas en surcos desalineados 200 mm entre surcos que son continuos a través de toda la ladera.	200 mm entre plantas en surcos desalineados 200 mm entre surcos que son continuos a través de toda la ladera.
Protección de hombros de camino	150 mm entre plantas en surcos desalineados. 150 mm entre surcos que son continuos a través de todo el hombro.	150 mm entre plantas en surcos desalineados. 200 mm entre surcos que son continuos a través de todo el hombro.	200 mm entre plantas en surcos desalineados. 200 mm entre surcos que son continuos a través de todo el hombro.
Protección del suelo / interfaz de ingeniería rígida	Surcos dobles desalineados siguen la interfaz entre la estructura y el suelo. Espaciamiento de 150 mm entre las plantas y 100 mm entre los surcos. Considerar usar más surcos desalineados.	Surcos dobles desalineados que siguen la interfaz entre la estructura y el suelo. Espaciamiento de 150 mm entre las plantas y 150 mm entre los surcos.	Surcos dobles desalineados que siguen la interfaz entre la estructura y el suelo. Espaciamiento de 200 mm entre las plantas y 100 mm entre los surcos.

El suelo debe rellenarse y compactarse alrededor de la planta. La calidad del trabajo de siembra puede supervisarse mediante la siguiente prueba en el sitio: si el tallo herbáceo se hala suave pero firmemente entre el dedo pulgar y el índice, el retoño no debería de desprenderse del suelo. Si esto sucede, indica que el retoño no ha sido plantado correctamente

Después de sembrados, los retoños adquirirán un color café y aparentarán estar muertos. Esto es debido a que los tallos viejos no se regeneran. Sin embargo, se desarrollarán nuevos tallos a partir de la base del retoño. Después de aproximadamente dos semanas, y algunas veces un poco más, los retoños comenzarán a ponerse verdes. Deben hacerse verificaciones de supervivencia un mes después de sembrados. Toda planta que permanezca café después de este período puede considerarse perdida. Si más del 10% de las plantas no se regenera, es necesario reemplazarlas.

C3 Especificación para la producción del pasto vetiver en viveros

Si no existen suficientes fuentes de vetiver que puedan explotarse de manera sostenible quizás sea necesario establecer un banco o un vivero de pasto vetiver.

Podría establecerse un vivero de pasto vetiver en tierras que se encuentren en la reserva de la carretera o en tierras que estén bajo la responsabilidad del Departamento de Carreteras. Esto tiene una doble ventaja: se puede rehabilitar un área con pasto vetiver al mismo tiempo que se suministra material de siembra. Los viveros de pasto vetiver también pueden establecerse en vertederos, bancos de préstamo o canteras u otras áreas afectadas por la construcción o mantenimiento de caminos.

Como una alternativa a la producción directa de plantas, el Ministerio de Obras Públicas podría considerar otorgar pequeños contratos para la producción de retoños de pasto vetiver de acuerdo con una especificación dada. Este tipo de trabajos es especialmente apropiado para la producción en pequeña escala por parte de productores que viven en sitios aledaños al camino.

Cuando se seleccione un sitio para vivero de pasto vetiver es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- Los viveros requieren acceso vehicular de todo tiempo
- Los viveros deben contar con cercos a prueba de ganado

- Debe contar con personal calificado y con experiencia
- Un vivero debe tener acceso a una fuente de agua para regar las plantas durante las estaciones secas.

Prepare los almácigos del vivero en suelos bien preparados que hayan sido desmalezados. Es preferible un suelo ligeramente arenoso ya que así es más fácil sacar las plantas. Deben dejarse senderos alrededor de cada almácigo para un fácil acceso.

Prepare los retoños de pasto vetiver tal como se establece en la especificación C1.

Siembre los retoños en almácigos preparados a 100 mm de distancia entre surcos y 100 mm de distancia entre plantas. Esto da como resultado aproximadamente 100 plantas por metro cuadrado de almácigo.

En áreas secas, **riegue** las plantas cada 4-5 días después de sembradas durante los primeros dos meses y luego alrededor de cada siete días. El riego debe realizarse por la noche o temprano por la mañana para evitar pérdida de agua por evaporación causada por el sol. Los almácigos deben mantenerse húmedos pero no saturadas.

Mantenga la altura del pasto vetiver en los almácigos a unos 400 mm para que mantengan su vigor. Use los tallos podados como abono en el almácigo.

Mantenga el vivero libre de maleza todo el tiempo

Arranque y divida la macolla después de doce meses. Conserve algunos de los retoños para producción posterior en el vivero y use el resto en el sitio. La cantidad de retoños producidos en 12 meses dependerá del vigor de la planta original y de las condiciones en el vivero. Puede esperarse que cada planta produzca entre 3 y 10 retoños en 12 meses. Bajo cultivo comercial intensivo y con el uso de fertilizantes e irrigación esto puede incrementarse a 15 retoños por planta

Divida las macollas y prepárelas para sembrarlas en el sitio (véase especificación C1). Si el programa de siembra es para varios años, los almácigos deben recultivarse y replantarse con nuevos retoños, repitiendo todo el proceso.

C4 Especificación para la preparación de las laderas antes de la siembra

El contratista debe dejar las laderas de corte y relleno en condiciones apropiadas para la siembra. El objetivo de preparar la ladera para la siembra es asegurarse de que la vegetación como el pasto vetiver tenga una mayor probabilidad de establecerse. Es necesario proteger la vegetación de fallas y salientes menores de la ladera.

A menudo es difícil cortar la ladera hasta dejar una superficie pareja y recta. Muchas laderas a ser consideradas para la bioingeniería serán las que han presentado fallas después del corte original. Sin embargo, es importante asegurar que:

- Se retira todo material suelto de la ladera
- El tope de la ladera no quede sobresaliendo. Todas las partes sobresalientes deben cortarse para formar un borde redondeado.
- La base de la ladera debe protegerse de socavaciones.
- Se desecha con cuidado todo el material cortado en el sitio en un lugar recomendado por el ingeniero.

Especificación D

Varias especies que se encuentran en el Caribe pueden propagarse a partir de varas de madera dura y tradicionalmente se usan en la región como cercos vivos. Estas incluyen:

Gliricida sepium **Madero negro** (véase pp. 56-57);

Haematoxylum campechianum **Palo Campeche** (véase pp. 58-59);

Erythrina corallodendrum **Elequeme**

Véase la p. 112 para una lista de otras especies utilizadas en la región para cercas vivas.

Entre las características adicionales de algunas de estas especies se encuentra que:

- Están disponibles en grandes cantidades localmente
- Son fácilmente identificables
- Sobreviven en suelos pobres en nutrientes
- Producen raíces densas, fibrosas y fuertes
- Producen numerosos brotes fuertes y flexibles
- Resisten limpieza de malezas y podas.

Los ingenieros de caminos han reconocido la calidad de algunas de estas especies, el madero negro por ejemplo, se utiliza para proteger taludes de corte en West Coast Road en Santa Lucía.

Las varas de madera dura se utilizan en varias técnicas de bioingeniería incluyendo barreras densas (fajinas); mini presas de control vivas; y muros de piedra. Las estacas también pueden sembrarse en la ladera de una colina y usarse como ganchos para sostener en su sitio las barreras densas de pasto tales como pasto elefante (véase pp. 23-26).

D1 Especificación para la selección de varas de madera dura

El éxito de una técnica de bioingeniería en particular dependerá en gran parte de la calidad del material usado.

Deben identificarse arbustos y árboles de las especies deseadas que se encuentren disponibles localmente.

Aunque los árboles pueden resistir el corte de casi todas las ramas, es recomendable tomar solamente unas cuantas estacas de cada árbol.

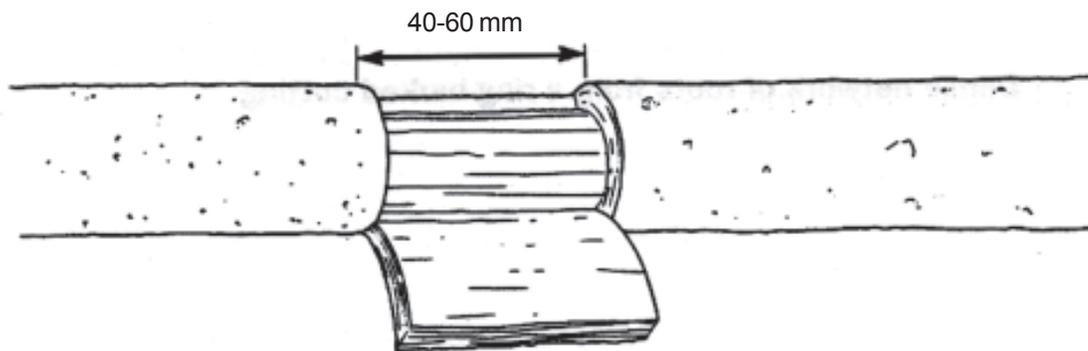
Las estacas deben ser lo más rectas posible con un diámetro basal de 60-120 mm. Si la estaca se va a usar en una barrera densa debe tener una longitud aproximada de 2 m. Sin embargo, este tipo de material puede no estar disponible y puede que tenga que usar piezas más cortas.

La estaca debe tener unos 18-24 meses de edad, independientemente de la edad de la planta en su totalidad. Si tiene dudas acerca de la idoneidad del material, una prueba sencilla es raspar la corteza de la estaca con la uña. Si la corteza se despega como cáscara de papa y la estaca tiene un color verdoso por debajo, es demasiado joven y no debe usarse. La corteza de una estaca apropiada debe poseer una textura de madera y cuando se retira de la estaca deja la madera debajo expuesta.

No corte más ramas de las que pueden sembrarse el mismo día. Esto asegurará que el material permanece fresco. Si las condiciones son particularmente secas y calientes las estacas deben mantenerse frescas y húmedas durante su transporte y almacenamiento en el área de siembra.

D2 Especificaciones para la preparación de varas colocadas horizontalmente para una barrera densa

En barreras densas y mini presas de control vivas se utilizan estacas colocadas en posición horizontal. En las barreras densas no se necesita mayor preparación (véase hoja técnica en el establecimiento de mini presas de control vivas). En las mini presas a cada estaca debe hacerse un corte anular en la corteza a intervalos de 300-500 mm a lo largo de la estaca antes de colocarla en la zanja de nivel (véase la hoja técnica para el establecimiento de barreras densas). Debe usarse un cuchillo filoso para pelar una franja de 40-60 mm de la corteza en toda la circunferencia de la estaca. Cuando se haga un corte anular en la corteza de una estaca debe tenerse cuidado de no dañar los nodos ya que estos son los puntos por donde se desarrollarán los brotes. Las estacas preparadas pueden entonces usarse para construir una barrera.



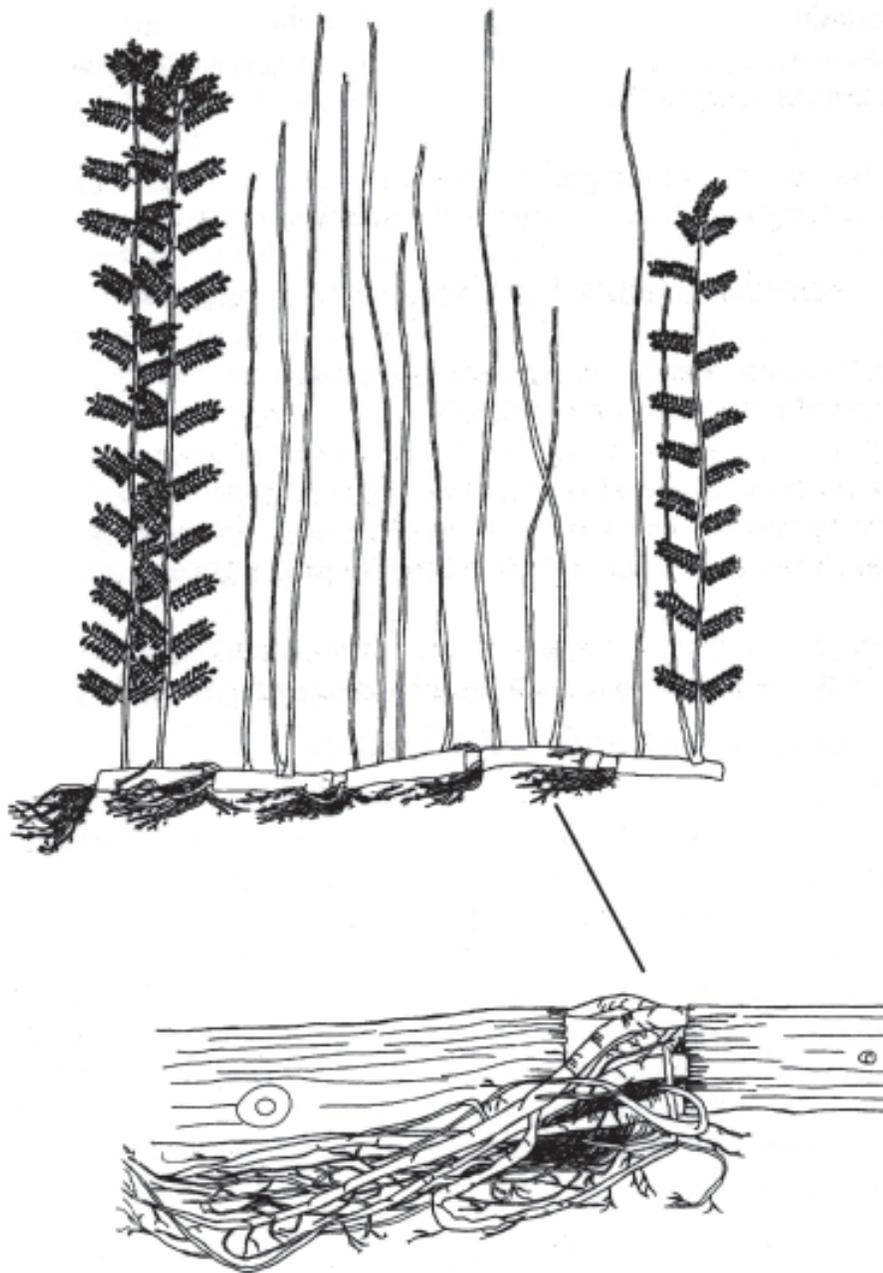


FIGURA 3 Una densa red de raíces surge de una vara con la corte anular en la corteza

El corte anular produce una raíz más grande y el desarrollo de brotes a lo largo de la estaca enterrada, dándole por tanto mayor fortaleza a la estructura de bioingeniería (véase la figura 3).

Si las estacas de madera dura van a usarse en una mini presa de control viva, el largo del corte es determinado por el ancho de la fisura/cárcava (véase pp. 19-22).

D3 Especificaciones para la preparación de postes verticales

Las estacas de madera dura colocadas en posición vertical pueden usarse como ganchos (véase arriba), o como un medio para propagar una especie de la manera tradicional. En ambos casos, la estaca debe sembrarse de forma que la base de la estaca quede enterrada. El ingeniero puede seleccionar el largo; las estacas de 400 mm son apropiadas para colocarlas debajo de una barrera de pasto (véase barreras densas, pp. 23-26) o en muros de piedra. Las estacas deben enterrarse a una profundidad de 100 mm.

Para propagar la especie, la estaca debe tener idealmente una longitud de 2 m., y debe estar enterrada a una profundidad de 200-300 mm.

Especificación E

Los pastos desempeñan un importante papel en el control de la erosión del suelo. Protegen la ladera y disminuyen las escorrentías provenientes de la misma. Algunos pastos tales como el *Vetiveria zizanioides* (pasto vetiver) tienen la habilidad de reforzar el suelo hasta una profundidad de 300 mm. En el caso del pasto vetiver este refuerzo es debido al denso colchón de raíces fibrosas. Los pastos grandes y montosos poseen la habilidad de capturar el material erosionado que baja por la ladera.

Los pastos pueden propagarse ya sea por semilla o en forma vegetativa de estacas.

En grandes áreas de laderas de menos de 20°, la siembra por semillas es un método de propagación eficaz en términos de costo. En laderas más inclinadas las semillas pueden ser llevadas por la corriente antes de su germinación y la preparación de la ladera es difícil. Sin embargo, no todos los pastos pueden propagarse a partir de semillas como es el caso del pasto vetiver y en esos casos no hay alternativa a la propagación vegetativa. En laderas más inclinadas de más de 45°, pueden establecerse pastos con estacas vegetativas o retoños.

E1 Recolección local de semillas

Las semillas pueden recolectarse localmente por trabajadores contratados. Por ejemplo, el Caribbean Agricultural and Development Institute (CARDI) brinda el siguiente consejo para la recolección local de semillas de *Panicum maximum* (pasto guinea).

Las semillas de los pastos tienden a madurar en diferentes momentos en la misma panícula. La semilla de buena calidad puede ser sacudida de la panícula a bolsas en el campo. Sostenga un manojo de puños de semillas y póngalo hacia abajo en una bolsa y sacúdala vigorosamente. Haga esto cada 2-3 días para maximizar la producción. Las semillas luego deben secarse esparciéndolas en un área bien ventilada pero evite secarlas directamente a la luz del sol y a temperaturas mayores de 40° C. El proceso de secado usualmente toma menos de una semana.

E2 Compra de semillas

La semilla también puede comprarse en el comercio. Por lo general, *P. maximum* (pasto guinea) y *Cynodon dactylon* (pasto Bermuda) se encuentran con facilidad.

E3 Propagación vegetativa de pastos

Algunas especies de pasto pueden propagarse de manera efectiva ya sea por retoños o por secciones del tallo. La propagación vegetativa es una técnica especialmente útil si:

- La ladera es muy inclinada para la siembra directa de semillas
- Existen grandes cantidades de material original cerca del sitio de trabajo
- Solamente se necesita reparar pequeñas áreas

Los pastos pueden propagarse en forma vegetativa mediante:

- Separación de macollas en plántulas, por ej., *V. zizanioides* (pasto vetiver)
- Secciones de estacas, p. ej. *Pennisetum purpureum* (pasto elefante)
- Secciones de estolón, p. ej. *C. dactylon* (pasto Bermuda).

Retoños

La preparación de retoños de pasto vetiver se presenta en la especificación C (p.90).

Secciones de estacas

Los pastos con estacas gruesas tipo caña pueden propagarse a partir de secciones del propio tallo.

- Seleccione una estaca de dos años y quítele las hojas.
- Corte la estaca en secciones que contengan al menos 2 nudos.
- Coloque las estacas directamente en un sitio húmedo. La sección cortada debe ser plantada a una profundidad igual a la mitad de su longitud. El nudo superior expuesto formará hojas y retoños; el enterrado desarrollará raíces.
- Si es posible, cubra las estacas con material orgánico después de sembrarlas, para retener la humedad del suelo y protegerlas de luz solar fuerte.

Secciones de estolón

Un estolón es una estaca horizontal superficial que tiene la habilidad de echar raíces a partir del nudo. Si el pasto produce un estolón, tal como es el caso del pasto bermuda, es posible sacar secciones del estolón. El pasto bermuda naturalmente echa raíces de los nudos en los estolones y estos nudos con raíces pueden ser fácilmente resebrados en otro sitio.

Los estolones pueden cortarse de manera que contengan dos nudos. Estas secciones cortas de estolón pueden entonces sembrarse en zanjas de poca profundidad o en bancos de préstamo puntuales. Una manera eficaz y eficiente de hacerlo es mediante el relleno de las zanjas de poca profundidad con una mezcla liviana de tierra donde se colocan los estolones. Los estolones echarán raíces en la mezcla y se propagarán en el sitio a partir de la zanja.

Época de siembra

Todo pasto debe sembrarse al inicio de la temporada lluviosa.

E4 Creación de bloques de forraje productivos

La rehabilitación de taludes al lado de los caminos, bancos de préstamo y canteras puede llevarse a cabo de tal forma que añada recursos para forraje a la comunidad de productores. Esto es especialmente importante en áreas donde existen pastizales y ganaderos.

Una cobertura de pasto bien manejada puede beneficiar al productor y al ingeniero. El talud al lado del camino estará bien protegida de la erosión, y desde el punto de vista del productor, la ventaja de un banco de forraje es que las áreas de pastizales no son utilizadas durante la estación lluviosa cuando el riesgo de erosión es alto. El pasto se guarda para la estación seca cuando otras formas de alimento para ganado escasean. El forraje también puede cortarse y darse como alimento a los animales, por lo que el ganado no tiene que pastar.

Cuadro 7 Especies idóneas para propagación

Especies	Precipitación anual (mm)	Método de propagación	Uso en bioingeniería
Pastos Pasto Bermuda (<i>Cynodon dactylon</i>)	500-1200	Semilla disponible en el comercio o a partir de estolones	Terraplenes, hombros de camino y pendientes >20°
Pasto Elefante (<i>Pennisetumpurpureum</i>)	1000+	Propagación vegetativa a partir de secciones de tallo colocadas en forma horizontal o vertical	Sitios húmedos, laderas empinadas >45°
Pasto Guinea (<i>Panicum maximum</i>)	1000+	Semilla recogida localmente o comprada en el comercio local. Proporción de siembra de 2.5-7 kg/ ha. Estacas de rizoma en laderas más empinadas	Terraplenes, rehabilitación de bancos de préstamo y canteras
Brachiaria (<i>Brachiaria mutica</i>)	1000+	Semilla con una proporción de siembra de 1-2.5 kg/ ha	
Leguminosas rastreras para pastizales tropicales (para enriquecer la siembra de pastos)			
Centrosema (<i>Centrosema pubescens</i>)	1500+	Semilla comprada en el comercio. Proporción de siembra de 1-2.5 kg/ ha	Creación de áreas de forraje productivas próximas a fincas
(<i>Teramnus labialis</i>)	750-1750+	Secciones de estolón o plántulas a 2-5 kg/ ha Semilla comprada en el comercio.	Buen acompañante para pasto elefante y pasto guinea. Resistente a la sequía.
(<i>Neonotonia wightii</i>)	750-1500+	Proporción de siembra 3.5-4.5 kg/ ha	Creación de áreas de forraje productivas próximas a fincas. Más resistente a suelos secos que <i>C. Pubescens</i>

El cuadro 7 se adaptó de la publicación CARDI Factsheet no. AP-F/11-83 *A Sowing Guide for Grass and Legume pastures* por Prov-erbs, G.A. y Williams J.R.

Santa Lucía – West Coast Road

Desde mediados de la década de 1980, la West Coast Road (WCR) ha estado siendo objeto de mejoras, principalmente ampliándola. El proyecto cubre 33 Km. de camino entre Cul de Sac y Soufriere. Se ha puesto mucha atención a las medidas de mitigación ambiental en el camino y se ha utilizado bioingeniería en la Fase II desde Anse La Raye a Canaries y de manera más intensa en la Fase III de Canaries a Soufriere.

La erosión del suelo y la estabilización de taludes representan un problema significativo en ciertas secciones de la Fase II y la Fase III de la WCR. El proceso de erosión predominante es la erosión superficial en taludes de corte, en las pendientes de relleno y en las áreas de desecho de material con algunos puntos focales donde el material más débil se ha convertido en depresiones de poca profundidad.

En la Fase III se está ampliando la carretera mediante la extensión del talud de corte interno. La naturaleza del problema de la erosión en los 11 Km. de talud de corte y la conveniencia de la bioingeniería está determinada por los tipos de roca y suelos. La erosión del suelo no es un problema donde el talud de corte está compuesto por roca dura volcánica conocida como tuff.

En el caso de las laderas que se caracterizan por una matriz de rocas volcánicas y arcilla, la erosión del suelo es más pronunciada y se han formado pequeñas grietas en algunos de estos taludes de corte. También hay secciones de la Fase III donde las arcillas volcánicas residuales sobre material arcilloso no desgastado se saturan y socavan causando depresiones. Estas laderas que van de los 25° a los 45° han sido extensamente sembradas con pasto vetiver y barreras densas (fajinas) de pasto elefante que son mantenidas en su sitio con estacas de madero negro. En la base de la ladera y arriba del desagüe, se han construido muros de retención con sampeado de piedra y se ha sembrado vetiver entre las rocas.

Se ha usado una variedad de técnicas de bioingeniería en pendientes rellenos de y en sitios para desechos de material contaminado. Estas incluyen barreras densas (fajinas) y minipresas de control vivas de madero negro y el uso extensivo de bambú, vetiver y pasto elefante.

El trabajo de bioingeniería en la WCR está en marcha y se han identificado áreas para futuras siembras. También se están probando nuevas técnicas de bioingeniería utilizando una mayor variedad de pastos, arbustos, o especies de árboles.

Jamaica – North Coast Road

El proyecto de la North Coast Road se extiende desde Negril en la costa oeste hasta Port Antonio en el extremo este de la isla, una longitud de aproximadamente 250 Km. La mayor parte de esta carretera fue construida en las décadas de 1960 y 1970 y la falta de mantenimiento durante los últimos 20-30 años ha tenido como resultado el deterioro de muchas secciones. El terreno en North Coast Road varía desde planicies ribereñas y colinas continuas y la sección occidental de la carretera alrededor de Lances Bay y Mosquito Cove, y el extremo oriental alrededor de Port Maria con sus formaciones arcillosas, siendo esta última parte susceptible a inestabilidad de taludes.

La carretera está siendo mejorada actualmente, y la reconstrucción y ampliación involucrará hacer cortes en los taludes existentes. Los nuevos taludes de corte variarán de 2-3 m a 5-6 m de altura y se avizoran problemas de erosión y de estabilidad. Se ha hecho una evaluación acerca de los tipos de problemas de estabilidad de taludes y de erosión de suelos a lo largo del camino y el alcance para la bioingeniería.

El área de talud que quedará expuesta durante la reconstrucción y realineamiento que inicia en 1995 será considerable y se requerirán grandes cantidades de vegetación. Como resultado de esto, las técnicas de bioingeniería más apropiadas serán las que utilicen predominantemente especies de pastos tales como *Vetiveria zizanioides*, *Panicum Maximum*, *Cynodon dactylon* y *Zoysia tenuifolia*. También existen secciones de la carretera donde la vegetación por sí sola no estabilizará los taludes y en estas áreas habrá que utilizar pastos, arbustos y especies arbóreas en combinación con estructuras de ingeniería civil tales como paredes retenedoras de mampostería o gaviones de aproximadamente 1.5 m de altura.

Los ingenieros civiles que trabajan en la carretera NCR reconocen el valor de la bioingeniería y han hecho eco de un mensaje de otros ingenieros en la región de que implementarían bioingeniería si existiesen guías para el establecimiento de diferentes técnicas.

Jamaica – Camino Guinea Corn a Corner Shop

Se realizó una evaluación de los problemas de derrumbes a lo largo de la carretera Guinea Corn a Corner Shop, vía Johns Hall en el área central de Jamaica. Este es un camino secundario / rural y se identificaron áreas aptas para la bioingeniería. Se identificaron varios tipos de deslizamientos susceptibles a la bioingeniería, incluyendo escombros, derrumbes de tierra y corrientes de menos 1 m de profundidad.

Se hizo un análisis de la vegetación para complementar la información de riesgo de deslizamiento. Se describió la vegetación existente a lo largo del camino en términos de su función de retención de sedimentos que se mueven cuesta abajo; apoyo que ofrece al talud desde la base; y la protección que ofrece al talud contra socavaciones de la base y la formación de barrancos. En áreas susceptibles a deslizamientos aptos para la bioingeniería, se hicieron recomendaciones sobre las técnicas de bioingeniería más adecuadas.

El área se caracteriza por una agricultura intensiva e iniciativas de la población local contribuyen a la estabilidad a orillas del camino: cercas vivas de *Erythrina corallodendrum* (Helequeme), *Spondias mombin* y *Hibiscus rosa-sinensis* son comunes a lo largo del camino existiendo también áreas que han sido sembradas con pasto vetiver y bambú.

Las recomendaciones de bioingeniería son diseñadas para aumentar las prácticas existentes e incluye: un aumento en la densidad de siembra de pasto vetiver; el establecimiento de barreras densas con el uso de especies utilizadas en cercas vivas; el uso de pastos tales como pasto bermuda para prevenir cárcavas en el talud; y el uso de una cantidad de especies de árboles / arbustos que también pueden contribuir con la calidad de vida de la gente local a través de la provisión de leña y follaje.

Trinidad – Caminos de Acceso Rural

El Programa de Caminos de Acceso Rural y Rehabilitación de Puentes (RARBRP en inglés), comprende la rehabilitación de 150 Km. de camino y el mantenimiento adicional de 350 Km. Visitas preliminares a los caminos de acceso rural en el noroeste de Trinidad han demostrado el potencial para la bioingeniería.

Las orillas de los caminos están cubiertas de plantas con especies pioneras tales como *Panicum maximum* (pasto guinea) el cual ha colonizado las áreas intervenidas, pero existen áreas en donde la bioingeniería puede contribuir a la estabilización de taludes. Una de las causas de la inestabilidad de los taludes ha sido el desarrollo urbano en la periferia de Puerto España; la construcción descontrolada en laderas empinadas que interrumpen el sistema de drenaje y la inadecuada protección de los taludes.

Los ingenieros civiles en Trinidad han reconocido el valor potencial de la bioingeniería en la solución de algunos de los problemas de erosión de suelo asociados al RARBRP. Ven la necesidad de identificar de manera temprana aquellas situaciones en los cuales estos métodos puedan de manera confiable y efectiva mejorar la estabilidad de taludes y controlar la erosión. Han acentuado la necesidad de poder emitir especificaciones de contratos para la selección, establecimiento y mantenimiento de material vegetativo lo que asegurará su exitoso comportamiento en términos de ingeniería.

Trinidad – Caminos montañosos secundarios

Existen 8000 Km. de caminos en Trinidad de los cuales aproximadamente 800 Km. son caminos secundarios montañosos. Estos caminos secundarios montañosos se han desarrollado en mayor grado a través del mejoramiento gradual del pavimento de lo que a menudo inicia como un sendero o trocha. Estos caminos son afectados por deslizamientos y erosión de suelo.

El camino Saut d'Eau, Maravel, al lado sur de las laderas de la Cordillera Norte y al norte de Puerto España, fue seleccionado como un estudio de caso. El camino inicia en el valle de Maravel, continua cuesta arriba a través de la comunidad de Paramin y continua hacia la cima de Morne Mal d'Estomac donde se torna en un camino de acceso rural y después un sendero a medida que desciende hacia Punta Medine en la costa norte.

La sección de camino seleccionado tiene 4.5 Km. de longitud de los cuales 0.5 Km. es un camino de acceso rural. El camino secundario montañoso se levanta a un poco más de 600 m y los taludes varían desde 1:20 a 1:2 con un promedio de 1:8. La sección de camino rural esta cubierta de pasto o roca al descubierto. Los taludes a ambos lados del camino a menudo son mayores de 45°. El *Vetiveria zizanioides* (pasto vetiver) ha sido sembrado a lo largo del camino en algunas áreas y algunos taludes han sido sembrados con *Bambusa vulgaris* (bambú). Se ha estimado que se pueden utilizar técnicas de bioingeniería adicionales en unos 700 Km. de sección de camino.

Las técnicas de bioingeniería consideradas aceptables son: Barreras densas de *Gliricidia sepium* (madero negro) para detener la formación de cárcavas; sembrando dos hileras de *V. zizanioides* (pasto vetiver) y otras especies de pastos a orillas del lado inferior del talud para mitigar la erosión del pavimento; y la construcción de muros de retención con bolones y vegetación para reducir la incidencia del bloqueo de los drenajes por pequeños deslaves del talud de corte.

Trinidad y Tobago - Universidad de West Indies (UWI), St. Augustine

El sistema de caminos en Trinidad y Tobago comprende aproximadamente 8000 Km. de los cuales 4000 Km. están pavimentados, 1000 Km. son caminos de tierra mejorados y 3000 Km. son caminos de tierra en mal estado. Las carreteras y caminos principales son mantenidos por el Ministerio de Obras; los caminos secundarios por el Ministerio de Gobierno Local; y los caminos de acceso rural por el Ministerio de Agricultura.

Aunque se ha sembrado *Vetiveria zizanioides* (pasto vetiver) y *Bambusa vulgaris* (bambú) a orilla del camino, existe poca experiencia en Trinidad sobre el uso de vegetación para el control de erosión de suelo y estabilización de taludes. Sin embargo, el gobierno tiene considerable interés en desarrollar la capacidad de Trinidad en materia de bioingeniería.

La Universidad de West Indies (UWI), St. Augustine ha producido un informe donde detalla especies de pastos, arbustos y árboles con potencial para estabilización de taludes en Trinidad. El informe ha sido producto del creciente vínculo entre las Facultades de Agricultura e Ingeniería. Se ha decidido publicar el informe en forma de folleto para su distribución en todo el Caribe. El enfoque multidisciplinario adoptado por UWI mejora la calidad de la asesoría en bioingeniería que ofrece UWI al gobierno en materia de manejo de orillas de camino.

A. Especies principales

Pastos

Vetiveria zizanioides (pasto vetiver)
Pennisetum purpureum (pasto elefante)
Cynodon dactylon (pasto bermuda)
Penicum maximum (pasto guinea)
Bambusa vulgaris (bambú)

Arbustos y árboles

Azadirachta indica (Neem)
Gliricidia sepium (Madero negro)
Calliandra calothyrsus (Calliandra)
Leucaena leucocephala (Leucaena)
Haematoxylum campechianum (palo campeche)
Psidium guajava (Guayaba)

B. Especies secundarias

Pastos

Androgon intermedius var. *Acidulus* (pasto amargo / zacatón)
Cymbopogon citratos (Zacate de limón)
Digitaria decumbens (pasto Pangola)
Tripsacum laxum (pasto Guatemala)
Zoysia tenuifolia (Zoysia)

Leguminosas trepadoras

Desmodium spp (desmodium)
Lablab purpureus (frijol terciopelo)
Puerraria thunbergiana (pasto Kudzu)

Leguminosas rastreras

Arachis pintoi (maní forrajero)
Centrosema pubescens (Centrosema)
Teramnus labiales
Neonotonia wrightii

Arbustos y árboles

Acacia auriculiformis
Acacia Senegal
Acacia mearnsii (Black wattle)
Albizia lebbek (lengua de suegra)
Caesalpinia decapetela (Wait-a-bit)
Erythrina corallodendrum (helequeme)
Cajanus caja (gandul)
Hibiscus rosa-sinensis (Shoe-black)
Mangifera indica (Mango)
Moghania strobilifera (Wild hops)
Spondias mombin (jocote silvestre)
Trichanthera gigantean (Nacadero)
Zizyphus mauritania

Existen varias publicaciones sobre los recursos naturales en el Caribe, bioingeniería y sobre especies de pastos, arbustos y árboles aptos para la bioingeniería que pueden ser de interés para aquellos que desean implementar la bioingeniería en el Caribe. En la siguiente lista se omiten las publicaciones académicas sobre erosión de suelo y el control de erosión de suelo. Para los interesados, esas publicaciones se pueden encontrar en las bibliotecas de la Universidad de West Indies con recintos en Jamaica, Trinidad y Tobago y Barbados.

A Recursos Naturales en el Caribe

Las siguientes cuatro publicaciones están disponibles en el Caribe:

Barlow, V. (1993) **The Nature of the islands. Plants and Animals of the Eastern Caribbean.** Chris Doyle Publishing and Cruising Guide Publications. 152 pp.

Esta publicación contiene valiosa información de base sobre arbustos y árboles que se encuentran en matorrales secos, a orillas de los caminos y en tierra baldía. Algunas de las especies, como el seroncontil, que se incluyen en este manual de bioingeniería y otras podrían ser de interés para los ingenieros que practican la bioingeniería y que desean diversificar las especies actualmente en uso.

Carrington, S. (1993) **Wild Plants of Barbados.** Macmillan Caribbean. 128 pp.

Este libro está diseñado de tal forma que permite al lector identificar las plantas floreadas silvestres en Barbados. Muchas de estas plantas también se encuentran en otros lugares del Caribe y algunas son buenas candidatas para la bioingeniería. Este libro será de interés para aquellos que buscan aumentar sus conocimientos sobre la botánica.

Honychurch, P.N. (1980) **Caribbean Wild Plants and their Uses.** Macmillan Caribbean. 166 pp.

Esta es una guía ilustrada de algunas plantas medicinales y ornamentales encontradas en el Caribe. Algunos de los arbustos cubiertos en esta publicación son usados para bioingeniería, como el *Bambusa vulgaris* (bambú) y el *Panicum maximum* (pasto guinea).

Seddon, S.A. and Lennox, G.W. (1980) **Trees of the Caribbean.** Macmillan Caribbean. 74 pp.

Este libro está diseñado para ayudar a identificar los árboles más comunes e interesantes encontrados en la región. Cada especie está ilustrada con al menos una fotografía a color y se presenta información detallada sobre la forma y tamaño de las hojas junto con una descripción de las flores y frutos.

B Bioingeniería

Coppin N.J. and Richards, I.G. (1990) **Use of vegetation in Civil Engineering**. UK: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), 222 pp.

El objetivo de esta publicación es brindar asesoría técnica a ingenieros que practican el uso de la vegetación como un material de ingeniería, con referencia particular a la industria de la construcción en el Reino Unido y ultramar. Aunque mucha de la información es relevante para áreas templadas, hay capítulos útiles sobre aspectos básicos de vegetación y los efectos físicos de la vegetación. Este es un valioso libro para aquellos que desean aumentar sus conocimientos sobre bioingeniería.

Gary, D.H. and Leiser, A.T. (1982) **Biotechnical Slope Protection and Erosion Control**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 271 pp.

Este libro presenta una introducción a la bioingeniería y orientación detallada sobre la construcción de varias técnicas de bioingeniería, incluidas barreras densas. Varios estudios de casos están documentados. A pesar de que el libro se basa en prácticas de bioingeniería en los Estados Unidos, existe mucha información de relevancia e interés para aquellos interesados en la bioingeniería en el Caribe.

Morgan, R.P.C. and Rickso, R.J. (1995) **Slope Stabilisation and Erosion Control: A Bio-engineering approach**. London, UK: E & F.N. Spon. 274 pp.

El objetivo de este libro es afirmar el potencial de la bioingeniería y demostrar la ciencia detrás de ella como un medio para justificar las técnicas utilizadas. Brinda a los ingenieros una idea básica sobre los principios y prácticas de establecimiento y crecimiento de vegetación, y además explica en detalle cómo la vegetación puede considerarse como un material de ingeniería.

PIARC. (1994) **International Road Maintenance Handbook. Volume 1 Maintenance of Roadside Areas and Drainage**. UK: Transport Research Laboratory.

El manual fue diseñado para África y se publicó por primera vez en 1982. Ha sido revisado para adecuarlo a una audiencia geográfica más amplia. El volumen 1 de este manual tiene secciones sobre el uso de la vegetación en el control de la erosión del suelo.

C Especies de pastos, arbustos y árboles

von Carlowittz, P.G. 1991. **Multi-purpose Trees and Shrubs: Sources of Seed and Inoculants**. Nairobi, Kenya: International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF). 328 pp.

Este manual lista 133 proveedores de semilla e identifica fuentes de semilla para más de 900 especies. Se brinda una lista de veintiocho proveedores de inoculantes. Las especies se sacaron de la base de datos de multipropósito de árboles y arbustos del Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF en inglés).

Academia Nacional de Ciencias

La academia nacional de ciencias ha producido excelentes publicaciones sobre especies que son útiles para la bioingeniería. Las publicaciones más útiles para bioingenieros en el Caribe son sobre *Vetiveria zizanioides* (pasto vetiver), *Leucaena leucocephala* (Leucaena), *Calliandra calothyrsus* (calliandra) y *Azadirachta indica* (Neem).

National Research Council. (1983) **Calliandra: A Versatile Small Tree for Humid Tropics**. Washington, D.C., USA: National Academy Press. 52 pp.

National Research Council. (1984) **Leucaena: Promising Forage and Tree Crop for The Tropics**. 2nd edn., Washington, D.C., USA: National Academy Press. 100 pp.

National Research Council. (1992) **Neem: A Tree for Solving Global Problems**. Washington, D.C., USA: National Academy Press. 169 pp.

National Research Council. (1993) **Vetiver Grass: A thin Green Line Against Erosion**. Washington, D.C., USA: National Academy Press. 169 pp.

Estas publicaciones se distribuyen gratis y se pueden obtener de:

The Senior Program Officer
National Academy of Sciences
2101 Constitution Avenue N.W.
Washington D.C. 20418
USA

Red Vetiver

La red vetiver es patrocinada por el Departamento de Recursos Naturales y Agricultura del Banco Mundial, Washington D.C., Estados Unidos. La red produce un boletín sobre el uso de pasto vetiver para el control de erosión de suelo. Uno de los objetivos del boletín es difundir a practicantes a nivel mundial las experiencias con el uso de pasto vetiver. El boletín es distribuido de manera gratuita. Contactar:

The Coordinator
The Vetiver network
15 Wirt Street NW
Leesburg
Virginia 22075-2808
USA

Tel: + 1 703 771 1942

Fax: + 1 703 771 8260

Este manual brinda consejo sobre la selección, establecimiento y manejo de diferentes técnicas de bioingeniería en el Caribe. Los ingenieros en la región que desean implementar bioingeniería requerirán mayor información sobre selección de especies y disponibilidad de semillas o posiblemente deseen conocer más acerca de prácticas de bioingeniería en el Caribe y a nivel mundial. La lista a continuación está diseñada para facilitar el contacto entre ingenieros y administradores de recursos naturales. No es una lista exhaustiva pero si demuestra la riqueza de experiencias y especialización que ya existe en el Caribe y en otros lugares y a las que pueden acceder aquellos que implementan la bioingeniería.

El Instituto de Desarrollo, Investigación y Agricultura del Caribe (CARDI por sus siglas en ingles).

CARDI fue fundada en 1975 como una institución autónoma para satisfacer las necesidades de investigación y desarrollo de la agricultura para la Comunidad Caribeña (CARICOM). Antigua ha sido el centro del programa de desarrollo de semillas de forraje de CARDI. El programa distribuye semillas de pastos y legumbres tales como pasto guinea y tamarindo silvestre. CARDI puede brindar asesoría en la selección, propagación y establecimiento de especies de pastos, arbustos y árboles.

P.O. Box 766
Friars Hill
St. John's
Antigua
Tel: +1 809 462 0661/1666

P.O. Box 346
Bath Estate, Valley Road
Roseau
Dominica
Tel: +1 809 448 2715/4715

P.O. Box 64
Cave Hill Campus
St. Michael
Barbados
Tel: +1 809 425 1334/5

P.O. Box 270
St Georges
Grenada
Tel: +1 809 443 5459

P.O. Box 2
Forest Drive
Belmopan
Belize
Tel: +501 822602

Carnegie Building
University of Guyana Campus
Georgetown
Guyana
Tel: +592 22 4429/3031

P.O. Box 113
Mona Campus
Kingston 7
Jamaica
Tel: +1 809 927 1231/4140

P.O. Box
Castries
St. Lucia
Tel: +1 809 452 4160

P.O. Box 272
Plymouth
Montserrat
Tel: +1 809 491 5041

P.O. Box 594
Beachmont
Kingstown
St. Vincent
Tel: +1 809 457 1535

P.O. Box 442
Charlestown
Nevis
Tel: +1 809 469 5603

P.O. Box 283
Scarborough
Tobago
Tel: +1 809 660 2464

P.O. Box 479
Taylor's Range
Basseterre
St. Kitts
Tel: +1 809 465 2846

University Campus
St. Augustine
Trinidad
Tel: +1 809 645 1205/6/7
Fax: +1 809 645 1208

Instituto de Recursos Naturales del Caribe (CANARI en inglés)

CANARI ofrece información sobre los recursos naturales en el Caribe.

Contactar al
Director
CANARI
Clarke Street
Vieux Fort
St. Lucia
West Indies
Tel: +1 809 454 687/6060
Fax: +1 809 454 5188

Grupo Internacional de Bioingenieros, Reino Unido

El Grupo Internacional de Bioingenieros produce un boletín donde se divulgan las experiencias de quienes practican la bioingeniería a nivel mundial.

Contactar:

The Editors of the Internacional Group of Bio-engineers
Fountain Renewable Resources Limited
The Bell Tower
12 High Street
Brackley
NN13 7DT
United Kingdom

Oxford Forestry Institute (OFI)

OFI puede ofrecer asesoría en la selección y propagación de árboles y arbustos multipropósitos y tiene una red de distribución de semillas.

Contactar:

The Trials Manager
Oxford Forestry Institute
South Parks Road
Oxford
OXI 3RB
United Kingdom
Tel: +44 1865 275000
Fax: +44 1865 275074

Natural Resources Institute (NRI), UK

NRI tiene experiencia en bioingeniería en el Caribe y puede ofrecer asesoría sobre técnicas adecuadas de bioingeniería. Contactar:

The Director of the Development Services Group
Natural Resources Institute
Central Avenue
Chatham Maritime
Kent ME4 4TB
United Kingdom
Tel: +44 1634 880088
Fax: +44 1634 880066/77

University of the West Indies (UWI), Mona Campus, Jamaica

UWI ofrece asesoría en la selección de especies para bioingeniería y manejo de agua y suelo.

Contactar:

The Head of the Department Geology
University of West Indies
Mona Campus, Kingston 7
Jamaica

Tel: +1 809 927 2728

Fax: +1 809 927 1640

Head of the Forestry Research Unit
Department of Botany
University of West Indies
Mona Campus, Kingston 7
Jamaica

Tel: +1 809 927 2753

Fax: +1 809 927 1640

University of the West Indies (UWI), St. Augustine, Trinidad and Tobago

UWI ofrece asesoría en la selección de especies para bioingeniería y manejo de agua y suelo.

Contactar:

The Head of the Department of Soil Science
University of the West Indies
St. Augustine Campus
Trinidad and Tobago

Tel: +1 809 663 1359 662 4524

Fax: +1 809 6621182

The Director
Regional Extensión Cummunications Unit
Department of Agricultura Extensión
Faculty of Agriculture

University of West Indies

St. Augustine

Trinidad and Tobago

Tel: +1 809 663 1369/2060/1678

Fax: +1 809 663 9686

Winrock/Nitrogen Fixing Tree Association

Esta Asociación ofrece asesoría en la selección y propagación de árboles y arbustos multipropósitos.

Contactar:

Winrock/Nitrogen Fixing Tree Association

Rt. 3 Box 376

Morrilton

AR 72110

USA

Tel: + 1 501 727 5435

Fax: + 1 501 727 5417

Anexos

Especies principales

Arboles y arbustos



Nombre común: Calliandra

Nombre científico: *Calliandra calothyrsus*



Nombre común: Guayaba

Nombre científico: *Psidium guajava*



▲ Arbol de guayaba

Frutos de guayaba ►



Nombre común: Madero negro
Nombre científico: *Gliricidia sepium*

◀ Arbol de Madero negro



Hojas y vainas de Madero negro ▶



Nombre común: Leucaena
Nombre científico: *Leucaena leucocephala*

▲ Arbol de Leucaena

Vainas de Leucaena ▶





Nombre común:Neem
Nombre científico: *Azadirachta indica*



Nombre común:Palo campeche
Nombre científico: *Haematoxylum campechianum*

▲ Hojas e inflorescencia del Palo Campeche



Vainas del Palo Campeche ►

Especies principales

Pastos



Macolla Joven de Bambú

Nombre común: Bambú
Nombre científico: *Bambusa vulgaris*



Tallo con 2 nudos y dos rebrotes

Nombre común: Pasto Bermuda
Nombre científico: *Cynodon dactylon*



Macolla de pasto bermuda



Planta de Pasto Elefante

Nombre común: Pasto Elefante
Nombre científico: *Pennisetum purpureum*



Vivero de Pasto elefante

Nombre común:
Pasto Guinea
Nombre científico:
Penicum maximum



Vivero de Pasto Guinea ►

Planta de Pasto Guinea ▼



Nombre común: Pasto Vetiver

Nombre científico: *Vetiveria zizanioides*



Tallos de pasto Vetiver



Raíces de pasto Vetiver



Siembra del pasto Vetiver



Uso del pasto Vetiver en barreras



Uso del pasto Vetiver como protección de taludes en caminos.



Uso del pasto Vetiver como protección de taludes en desagües.



Uso del pasto Vetiver en protección de infraestructuras

Especies secundarias

Arboles y arbustos



Nombre común: Acacia

Nombre científico: *Acacia auriculiformis*



▲ Nombre común: Acacia (Black wattle)
Nombre científico: *Acacia mearnsii*

◀ Nombre común: Acacia
Nombre científico: *Acacia Senegal*



Flor de *Hibiscus rosa-sinensis*



Planta de *Hibiscus rosa-sinensis*

Nombre común:
Flor de avispa
Nombre científico:
Hibiscus rosa-sinensis



▲ Planta de Helelqueme

Vainas de Helelqueme ►

Nombre común: Helelqueme
Nombre científico: *Erythrina corallodendrum*



Nombre común: Gandul
Nombre científico: *Cajanus caja*



Planta de gandul con inflorescencia

Nombre común: Lengua de suegra
Nombre científico: *Albizia lebbek*



Flores y vainas de Lengua de suegra

Nombre común: Mango
 Nombre científico: *Mangifera indica*



Arbol de Mango

Nombre común: Wild hops
 Nombre científico: *Mangifera indica*



Inflorescencia de Moghamia strobilifera



Planta de Moghamia strobilifera

Nombre común: Nacadero
 Nombre científico: *Trichanthera gigantean*



Hojas de Nacadero

Nombre común: Jocote silvestre
 Nombre científico: *Spondias mombin*



Frutos de Jocote silvestre



Nombre común:

Nombre científico: *Zizyphus mauritania*

◀ Planta de *Zizyphus mauritania*

▼ Hojas de *Zizyphus mauritania*

