

Vetiver
La barrera contra la erosión

Banco Mundial
Washington, D.C.

Las opiniones e interpretaciones que figuran en el presente manual no coinciden necesariamente con las de los Directores Ejecutivos del Banco Mundial ni de los países a los que éstos representan. El mapa que acompaña al texto se preparó únicamente para conveniencia de los lectores; las designaciones y la presentación de material que en él se hacen no implican la expresión de opinión alguna de parte del Banco Mundial, sus entidades afiliadas, su Directorio o sus miembros respecto de la condición jurídica de ningún país, territorio, ciudad o zona, ni de las autoridades de los mismos, como tampoco respecto de la delimitación de sus fronteras o su filiación nacional.

Traducción de la tercera edición del original en inglés, *Vetiver Grass: The Hedge against Erosion*, publicada en febrero de 1990.

Primera edición en español, diciembre de 1990 Tercera edición en español, abril de 1995

Diseño de la portada de Bill Fraser

ISBN 0-8213-1706-7

Prefacio

Durante el próximo decenio las cuestiones ambientales tendrán importancia predominante en los sectores de la agricultura y los recursos naturales. Ya son objeto de gran atención los problemas de la deforestación, el aumento de las inundaciones causadas por los grandes ríos, y la reducción de agua para riego y para abastecimiento urbano e industrial durante la estación seca. No se ha prestado atención suficiente, sin embargo, al problema generalizado de la erosión del suelo y, más concretamente, a la necesidad de reducir las pérdidas de suelo y agua causadas por un escurrimiento excesivo del agua de lluvia. Se calcula que de los 11 millones de hectáreas de bosques que se cortan cada año, la mitad se necesita para reemplazar a las tierras cultivables que se han vuelto improductivas debido a la erosión y a la pérdida consiguiente de suelo fértil. Al mismo tiempo, muchos millones de hectáreas de tierras que anteriormente se consideraban tierras cultivables de alto potencial están siendo reclasificadas cada año como tierras de bajo potencial y alto riesgo, incluso en zonas que reciben una cantidad sustancial de precipitaciones. Ello se debe a que el escurrimiento excesivo impide que la tierra aproveche eficazmente la lluvia caída. La causa principal de la erosión del suelo y del exceso de escurrimiento del agua de lluvia es la remoción de la capa vegetativa del suelo que llevan a cabo las poblaciones humanas y de ganado y que es una de las graves consecuencias de nuestra constante y creciente sobreexplotación de los recursos de la tierra en el mundo.

En épocas pasadas la pérdida de la capa arable provocó la extinción de civilizaciones enteras. Los mayas de América Central son un ejemplo de ello, y África del Norte fue alguna vez el “granero del imperio romano. La erosión del suelo es verdaderamente un problema mundial y la necesidad de conservarlo ha cobrado importancia crítica en muchos países. Por ejemplo, más

de la mitad de las tierras cultivables de la India están perdiendo productividad debido a que la capa arable está siendo arrastrada por las aguas y el viento con más rapidez de lo que tardan las fuerzas naturales en reponerla. La reducción de la capa arable significa que las plantas tienen menos acceso a los nutrientes esenciales del suelo y al agua.

La modificación de las prácticas de explotación agrícola ha agravado el problema en los últimos años. Para satisfacer la creciente necesidad de granos provocada por el aumento explosivo de la población humana y de ganado, los agricultores reemplazaron los sistemas tradicionales de cultivos en rotación y cultivos múltiples por sistemas de agricultura permanente en hileras, práctica que fomenta el escurrimiento del agua de lluvia a un ritmo más rápido y destructivo. Como resultado de ello los cultivos se ven privados de la humedad que necesitan para un crecimiento óptimo.

Habiendo reconocido el problema, las autoridades máximas de numerosos países han destinado una parte sustancial de sus presupuestos a la búsqueda de una solución. Pero las sumas asignadas para ese propósito son con frecuencia insuficientes, los costos son demasiado altos y muchas de las técnicas de conservación ensayadas han resultado ineficaces, además de inadecuadas para los pequeños agricultores. La erosión del suelo sigue avanzando a una velocidad creciente y alarmante. Los gobiernos sólo tienen acceso limitado a los fondos públicos. Muchos estiman que los agricultores deben cargar con los costos de conservación del suelo, pero la mayoría no puede hacerlo a menos que se encuentren métodos más económicos, preferiblemente vinculados a beneficios directos en materia de ingresos, que resulten aceptables para ellos.

El presente manual se ha preparado para ayudar a los agentes de extensión agrícola y a los agricultores a crear sistemas vegetales de conservación del suelo y la humedad que satisfagan las necesidades de los pequeños agricultores de los países en desarrollo, la mayoría

esperamos, se habrán cumplido dos objetivos destacados del empeño por ayudar a más y más países en desarrollo a establecer una base sostenible para la agricultura de secano y la conservación de los recursos de la tierra, a saber, la estabilidad del suelo y la conservación de la humedad *in situ*.

Estamos en deuda con muchos agentes de extensión que han participado activamente en la difusión de esta tecnología. Debemos reconocimiento a los primeros usuarios de ella: agricultores como los del sur de la India cuyos antepasados han utilizado la gramínea durante siglos; las compañías azucareras de las Indias Occidentales y de Fiji que han hecho uso de la tecnología con buenos resultados durante más de cincuenta años, y los agricultores de África occidental tales como los hausas de Nigeria que conocen perfectamente las bondades de la gramínea como sistema de demarcación de los límites de las explotaciones agrícolas. Agradecemos la dedicación de John C. Greenfield, quien reanudó el uso de la tecnología en la India durante el decenio de 1980 y se encargó de la preparación de este manual. Agradecemos asimismo la contribución de los funcionarios agrícolas y de los científicos de los estados indios de Andhra Pradesh, Karnataka, Madhya Pradesh y Maharashtra, que han dedicado parte de sus esfuerzos al establecimiento de esta tecnología en beneficio de los agricultores de esas zonas de la India afligidas por la pobreza. Debemos agradecer también los esfuerzos desplegados muy recientemente por la administración y el personal del Proyecto Tierra Roja de China, quienes han estado a la vanguardia de las actividades de ensayo y demostración de la tecnología en su país con la esperanza de ayudar a los millones de agricultores que viven en las tierras gravemente degradadas del sur de China. Finalmente, agradecemos al personal del Banco Mundial en Nueva Delhi y Washington, quienes han sido responsables de la edición de este manual y de las dos ediciones anteriores publica-

de los cuales reside en los trópicos o en las regiones semitropicales. La experiencia ha demostrado que los sistemas convencionales de diques o terrazas de tierra utilizados en las pequeñas explotaciones agrícolas resultan caros y en muchos casos ineficaces. Si se aplican correctamente, los sistemas vegetales de conservación del suelo y la humedad, especialmente el sistema de cercos de vetiver que se describe en el presente manual, han demostrado ser más baratos y eficaces.

Con posterioridad a la publicación de la primera edición del presente manual en 1987, hemos sabido que los agricultores de la zona de Mysore en la India han estado utilizando el vetiver como cerco desde hace tal vez unos doscientos años. Este hecho ha dado a los usuarios recientes del vetiver más confianza en la tecnología. Desde 1987 ésta se ha ensayado sobre el terreno en muchos países, entre ellos, India, China, Filipinas, Indonesia, Nigeria, Madagascar, Brasil y Australia. Los suelos y el clima varían enormemente dentro de este grupo. Por ejemplo, en China se ha cultivado el vetiver en forma de cercos en pendientes del 60% para proteger a los cultivos de té y de cítricos en suelos rojos de bajo pH (4.1). En la India se lo utiliza con éxito en suelos negros de algodón (vertisoles), en pendientes del 2% o menos. En otros países como Trinidad, ha sido utilizado durante años para estabilizar los bordes de base rocosa de los caminos. En cada caso esta gramínea única ha hecho gala de las mismas extraordinarias características que hacen de ella un sistema ideal, de bajo costo y no limitado a un lugar específico, para controlar la erosión del suelo y aumentar la humedad de éste.

En los últimos años hemos aprendido que la introducción de una tecnología nueva requiere perseverancia y paciencia. Creemos que el esfuerzo y la perseverancia de los numerosos nuevos promotores de la tecnología del vetiver están dando frutos; tanto la demanda como el uso de ésta han ido en aumento. Si el sistema llega a adoptarse tan ampliamente como

das bajo el título de *Vetiver Grass (Vetiveria zizanjoides): A Method of Vegetative Soil and Moisture Conservation*. El presente manual está destinado principalmente a los profesionales y los usuarios, y al igual que en las ocasiones anteriores les pedimos que nos den a conocer sus ideas y opiniones a fin de poder incorporarlas en ediciones futuras.

R.G. Grimshaw
Jefe, División de Operaciones de Agricultura
Departamento Técnico, Oficina Regional de Asia
Banco Mundial
Washington, D.C.

Indice

Erosión laminar	2
Agricultura de secano	6
Cercos vegetales en curvas de nivel	16
Establecimiento de cercos de vetiver	34
Conservación de la humedad	42
Razones por las que el vetiver es la planta ideal para el sistema vegetal de conservación del suelo y la humedad	46
Otras aplicaciones prácticas del vetiver	48
Datos útiles para su ordenación	59
Nombres comunes del vetiver	74
<i>Mapa:</i>	
Países que utilizan el vetiver	x
<i>Recuadro:</i>	
<i>Vetiveria</i>	14
<i>Cuadros:</i>	
Cuadro 1. Pendiente, tramo de superficie e intervalo vertical	
76	
Cuadro 2. Costo del tratamiento de la tierra con cercos de vetiver en curvas de nivel	78

Vetiver
La barrera contra la erosión

Erosión laminar

La erosión laminar es la forma más perjudicial de erosión, principalmente debido a que con frecuencia no se la reconoce y, por ende, pocas veces se la trata. Este tipo de erosión, provocada por las precipitaciones, es responsable de la pérdida de miles de millones de toneladas de suelo cada año. A medida que las gotas de lluvia golpean el suelo, se desprenden de éste partículas de tierra que luego el agua arrastra al escurrir. Este escurrimiento continúa despojando a las zonas desprotegidas de su valiosa tierra vegetal y se convierte en el agua barrosa que luego desemboca en los desagües, arroyos y ríos. La erosión laminar da origen a otras formas más impresionantes de erosión: surcos y cárcavas, por ejemplo, que han sido objeto de la mayor parte de los esfuerzos de conservación realizados hasta la fecha. Aunque no tan espectacular, la erosión laminar deja sin embargo marcas visibles, como se muestra en la **Figura 1**: acumulaciones de tierra detrás de obstáculos en una pendiente (como el ladrillo en el ejemplo), piedras que el escurrimiento ha dejado atrás debido a que pesan demasiado para ser arrastradas (**B**) o montículos de tierra y otros desechos atrapados bajo ramas, ramitas e incluso manojos de paja (**C**).

Los efectos de la erosión laminar pueden apreciarse más fácilmente en las zonas boscosas que carecen de mantillo —y en campos o tierras estériles en que hay un pocos árboles en pie— donde la pérdida de suelo deja al descubierto las raíces de los árboles (Figura 2). Ello permite que el agua pase con facilidad por debajo de los troncos de los árboles y entre sus raíces. Una vez que toda la tierra que los sustenta y les da vida es arrastrada por el agua, también los árboles terminan por ser arrancados del suelo.

Figura 1. Señales de erosión laminar



Figura 2. La erosión laminar y los árboles

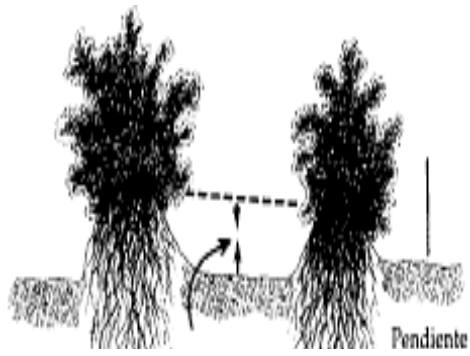


Escurrimiento Raíces al descubierto

Los árboles por sí solos no impiden la pérdida de suelo causada por la erosión laminar; los bosques sí lo hacen, gracias a su espesa cama de paja y a su sotobosque. En las zonas en que no es posible ni practicable contar con una cubierta forestal, pueden usarse barreras vegetales para detener la pérdida de suelo. La plantación de arbustos y gramíneas con raíz fibrosa como cercos siguiendo las curvas de nivel del terreno reduce la velocidad del escurrimiento, desvía el agua, debilita su poder erosivo y la hace depositar su carga de valiosa tierra detrás de los cercos de plantas en hilera. Como resultado de ello, el agua se escurre por la pendiente con suavidad y, si los cercos se han plantado a intervalos verticales correctos (véase la página 40), no provoca ulterior erosión.

La cantidad de suelo que se pierde a causa de la erosión laminar es alarmante. La **Figura 3**, en que se muestran dos plantas sobrevivientes cuyas raíces impiden ese tipo de erosión, demuestra la forma en que puede medirse esa cantidad. En este caso se perdió una capa de suelo de 50 centímetros de profundidad en toda la superficie del campo —medida por la distancia entre la parte superior de los montículos de las plantas y el nivel efectivo del suelo— con posterioridad al establecimiento de las plantas.

Figura 3 Perdida de la tierra vegetal



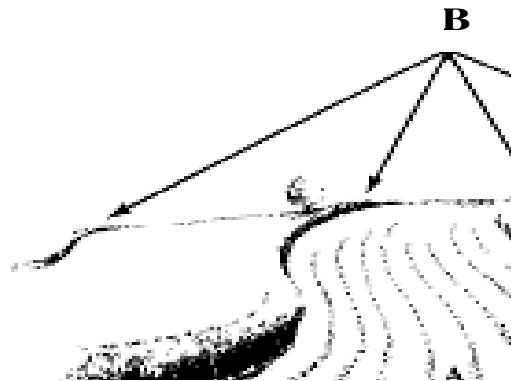
50 centímetros de tierra vegetal han sido

Agricultura de secano

El método tradicional de cultivo de la tierra en las zonas de secano, por plano que parezca el suelo, es a lo largo de la pendiente o hacia arriba o hacia abajo del cerro (**Figura 4**). Este sistema estimula el escurrimiento del agua de lluvia y la pérdida de suelo, por lo que agrava la erosión laminar. Con frecuencia más del 50% del agua de lluvia se pierde a través del escurrimiento y no beneficia a los cultivos, y mientras más fuerte es la pendiente, más rápido y erosivo es el escurrimiento. El agua de lluvia pierde eficacia porque no se le da la oportunidad de penetrar el suelo. Al arar el terreno siguiendo la pendiente, el agricultor de la **Figura 4** está instando, sin saberlo, el escurrimiento del agua de lluvia.

La **Figura 5** ilustra el método propuesto en el presente manual: el uso de cercos vegetales en curvas de nivel para prevenir la erosión y conservar la humedad natural del suelo. Una vez establecidos, dichos cercos no necesitan mantenimiento y protegerán a la tierra contra la erosión durante años, al formar terrazas naturales. Al contrario de lo que ocurre con los surcos para plantación de la **Figura 4**, los de la **Figura 5** (señalados con letra **A**) siguen las curvas de nivel del terreno demarcado por los cercos vegetales (**B**).

Figura 4. Agricultura de secano tradicional



La construcción de terraplenes, o diques en curvas de nivel, ha retardado la erosión en todo el mundo desde los años treinta. Pero este método de conservación del suelo crea un sistema ineficaz de drenaje y ya no se considera apropiado para pequeños agricultores. El terraplén de la **Figura 6** se construyó con tierra vegetal extraída del punto **A**, el que, en consecuencia, se convirtió en un canal que encauzaría el escurrimiento en dirección lateral (**ilustración superior**). Pero el terraplén está hecho de la misma tierra que se supone debe proteger y debido a que su construcción vuelve más empinada la pendiente, con el tiempo se desgastará (**ilustración inferior**). En ese caso será necesario reponerlo, a un alto costo para el agricultor. Además, para reunir una cantidad de tierra suficiente para construir el terraplén y el canal que se muestran en la **Figura 6**, es necesario dejar una banda de tierra de 5 metros de ancho sin producir a lo largo de todo el terraplén. Esto representa la pérdida de una hectárea de suelo agrícola productivo por cada 20 hectáreas de tierra tratada con terraplenes o diques.

La **Figura 7** ilustra la forma ineficaz en que se drena la tierra con este sistema. Todo el escurrimiento se canaliza en dirección lateral y se vierte en un curso de agua que ningún agricultor querría ver correr por su predio. Con este sistema las zonas situadas debajo de los terraplenes se vuelven demasiado secas, y las zonas vecinas al canal demasiado húmedas para la producción de cultivos.

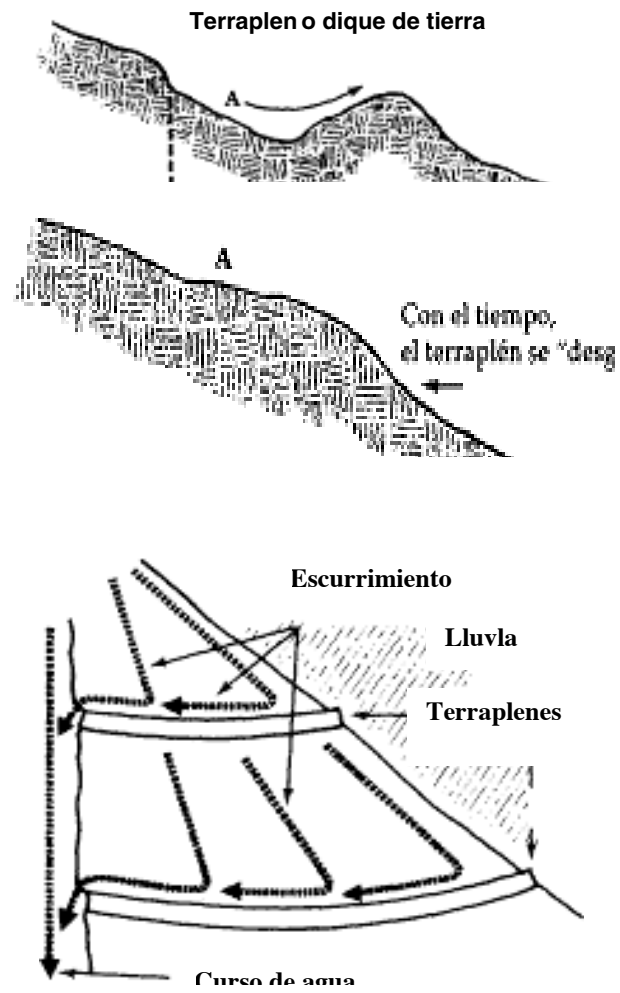


Figura 6. Construcción de un sistema de conservación del suelo

Por el contrario, el método vegetal de conservación del suelo y la humedad hace uso de la naturaleza para su propia protección. En el sistema de utilización del vetiver (*Vetiveria zizanioides*) que se demuestra en este manual, sólo se deja fuera de la producción una faja de 50 centímetros (**Figura 8**, ilustración superior), es decir, una décima parte de la tierra que ocupan los terraplenes o diques de tierra. Debido a que los pedazos radiculares de la gramínea se plantan en un surco arado único, se remueve sólo una cantidad pequeña de tierra. Y en tanto que para la construcción de terraplenes es necesario utilizar topadoras o contratar mano de obra, el sistema vegetal no requiere herramientas especiales ni más mano de obra de la que un agricultor tendría normalmente.

La **ilustración inferior de la Figura 8** muestra lo que sucede con el correr del tiempo con el sistema vegetal: el agua que se escurre deja atrás su carga de tierra, la hierba eclosiona a través de ese limo y se crea una terraza natural. La terraza se convierte luego en una característica permanente del paisaje, en una barrera protectora que conservará su eficacia por decenas de años, e incluso siglos.

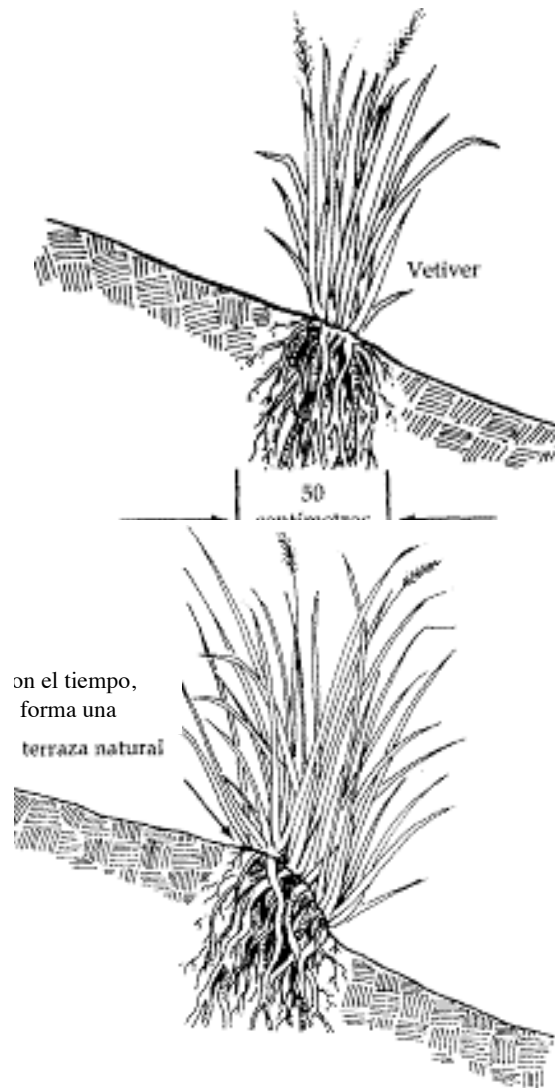


Figura 8 Sistema vegetal de coneracion del suelo

Cuando el escurrimiento llega hasta los cercos vegetales, se hace más lento, se esparce y se desprende de su carga de limo y fluye a través de las hileras de cercos; entretanto, gran parte del agua penetra en la tierra (**Figura 9**). No hay pérdida de suelo y tampoco hay pérdida de agua debido a la concentración del escurrimiento en zonas determinadas. El sistema no requiere obras de ingeniería y los agricultores pueden hacer todo el trabajo ellos mismos.

Cerca de Mysore, en el estado austral de la India de Karnataka (en las aldeas caseríos de Gundalpet y Nanjangud, por ejemplo), los agricultores han estado manteniendo cercos de vetiver alrededor de sus explotaciones agrícolas durante más de cien años. Para que los cercos no se ensanchen, sencillamente aran la tierra que circunda las hileras de cercos cada vez que aran el resto del campo para la siembra. En esa forma los cercos se mantienen en perfectas condiciones y ofrecen protección permanente contra la erosión.

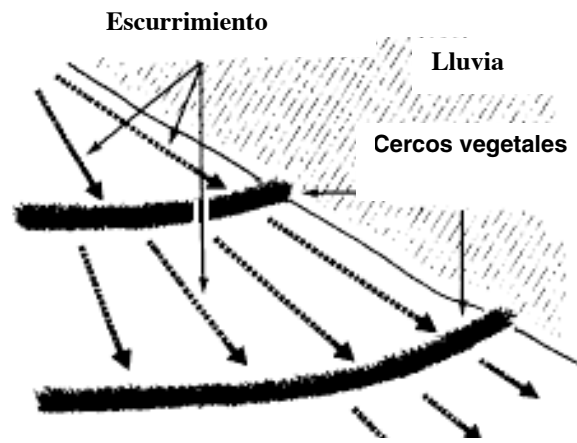
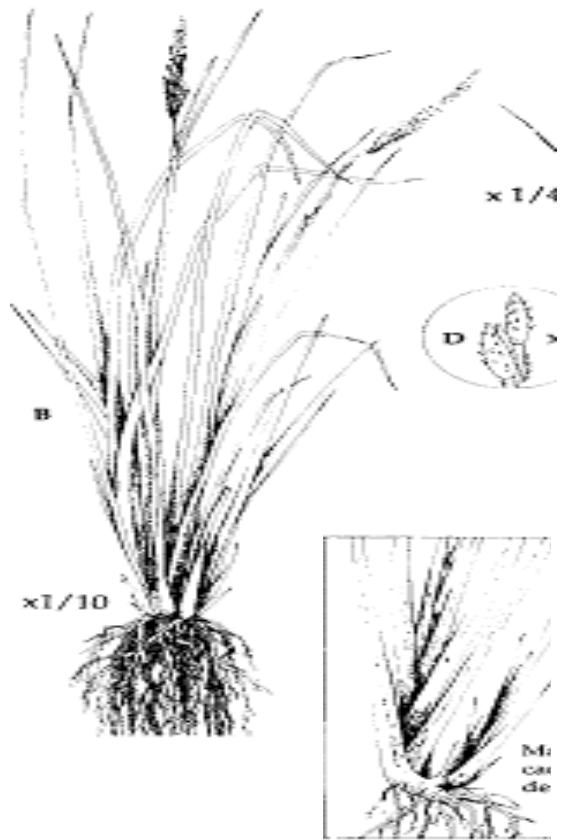


Figura 9. Drenaje con arreglo al sistema vegetal



Vetiveria zizanioides

Vetiveria

De las diez especies de gramíneas ordinarias y perennes que se encuentran en las regiones tropicales del Viejo Mundo y que pertenecen a la familia Andropogoneae, **Vetiveria zizanioides** ha demostrado ser ideal para la conservación del suelo y humedad.

V.zizanioides (L) Nash (2n~20) Khus; vetiver; gramínea perenne de tupid penachos, carente de aristas, resistente y glabra, que se reproduce con dificultad y considera estéril fuera de su hábitat natural de tierras pantanosas. No tiene rizomas estolones y se propaga mediante divisiones radiculares o haces enraizados. La planta crece en grandes macollas a partir de una masa radicular muy ramificada, “esponjosa” (ilustración A) y sus tallos erguidos alcanzan una altura de entre 0,5 y 1 metros (B). Las hojas son relativamente rígidas, largas y angostas —tienen hasta 100 centímetros de largo y no más de 8 milímetros de ancho— y, aunque glabras, sus bordos son “ásperos hacia abajo”. La gluma inferior es muriculada. La panícula tiene entre 10 y 40 centímetros de largo (C); los nudos y pedicelos son glabros. Las espiguillas son angostas, agudas, apretadas y sin aristas (D). Una de las espiguillas es sépal hermafrodita y algo aplastada lateralmente con espinas cortas y agudas. Tiene un cálamo glabro, tres estambres y dos estigmas plumosos. La otra espiguilla tiene pedicelo estambre. Algunas formas cultivadas rara vez florecen.

Tanto xerófita como hidrófita, la especie *V. zizanioides* es capaz de soportar sequías extremas —tal vez debido al alto contenido de sal de la savia de sus hojas— así como inundaciones por largos períodos (se han comprobado hasta 45 días en el terreno). Tiene una variación del pH excepcionalmente amplia; al parecer es capaz de crecer en cualquier tipo de suelo con prescindencia de la fertilidad de éste y se ha comprobado que no la afectan las temperaturas de hasta -9° centígrados.

V.zizanioides no produce semillas que germinan en condiciones normales del terreno. La especie **V. nigrítana** (originaria de Nigeria) sí produce semillas, pero es difícil controlar las plántulas.

En la **Figura 10** se presenta un corte transversal de un cerco vegetal en curvas de nivel. Las hojas y los tallos del vetiver retardan el escurrimiento del agua cargada de limo en el punto **A**, debido a lo cual el limo queda depositado detrás de la planta (**B**), en tanto que el agua sigue escurriéndose por la pendiente (**C**), a una velocidad mucho menor. El sistema radicular esponjoso de la planta (**D**), fija el suelo hasta una profundidad de tres metros. Al formar una densa cortina subterránea que sigue las curvas de nivel del terreno, las raíces impiden la formación de surcos, cárcavas y túneles. El aceite fuertemente aromático que contienen hace que la planta resulte desagradable para los roedores y otras plagas; muchos agricultores de la India afirman que impide asimismo que aniden ratas en la zona. Debido a que el denso sistema radicular repele a los rizomas de gramíneas tales como la especie *Cynodon dactylon*, las hileras de cercos impiden que éstos penetren en el predio agrícola y se conviertan en maleza. Además, según los agricultores de los alrededores de Mysore, las hojas afiladas y duras de la planta ahuyentan también a las serpientes.

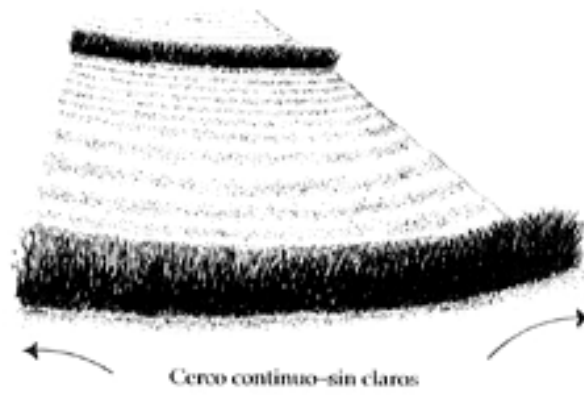


Figura 10. Corte transversal de un cerco de vetiver.

Para que resulte eficaz como método de conservación del suelo, el sistema vegetal *de formar un cerco* como se muestra en la **Figura 11**. Aunque en ciertas circunstancias pueden formarse cercos espesos en el plazo de un año, generalmente se requieren en dos y tres períodos de vegetación para que se establezca un cerco de densidad suficiente como para soportar lluvias torrenciales y proteger el suelo. Durante los primeros dos períodos de vegetación y a veces durante el tercero, las plantas requieren protección y es necesario rellenar cualquier claro que se produzca en las hileras. (Durante los dos primeros períodos también debería poderse ver con facilidad el limo que queda atascado detrás de las plantas mientras éstas se afianzan, fenómeno que los agentes de extensión agrícola deberían procurar poner de relieve al explicar el sistema a los agricultores). Aunque los terraplenes utilizados en el método convencional de conservación del suelo resultan eficaces de inmediato, se desbaratan con el correr del tiempo y con frecuencia se abren cuando hay fuertes tormentas de lluvia. Una vez que el cerco se ha afianzado, ni se desgasta ni requiere mayor mantenimiento, salvo podas periódicas.

La poda de los cercos hasta una altura de 30 a 50 centímetros impide que éstos dejen caer semillas, los vuelve más espesos y, en consecuencia, más eficaces para filtrar el escurrimiento. En varias aldeas y caseríos vecinos a Mysore, los agricultores podan los cercos cada dos semanas durante todo el año y alimentan a sus animales con las hojas nuevas y sabrosas. En esa forma se aseguran un abastecimiento ininterrumpido de forraje, independientemente de si llueve o no.

Figura 11. Sistema vegetal



Se ha hecho evidente que muchos agentes de extensión —e incluso muchos investigadores sobre el terreno— carecen de una noción clara de lo que se entiende por “la curva de nivel”. La **Figura 12** ilustra un concepto erróneo generalizado: que un surco que se ara a lo largo de “la pendiente principal” sigue la curva de nivel. Ello no es así. Un surco que sigue realmente la curva de nivel abarca todas las pendientes, grandes o chicas; es una línea de igual elevación que circunda un cerro. Los surcos de la **Figura 12**, que se inician en el punto **A** y siguen la pendiente principal descendiendo directamente hasta el punto **C** en lugar de rodear el cerro, *no están siguiendo* la curva de nivel y en consecuencia no conservarán la humedad ni impedirán la erosión. La verdadera curva de nivel, que se ilustra en la **Figura 13**, va desde **A** hasta **B** y luego hasta **D** y continúa alrededor del cerro, manteniendo una misma elevación todo el tiempo.

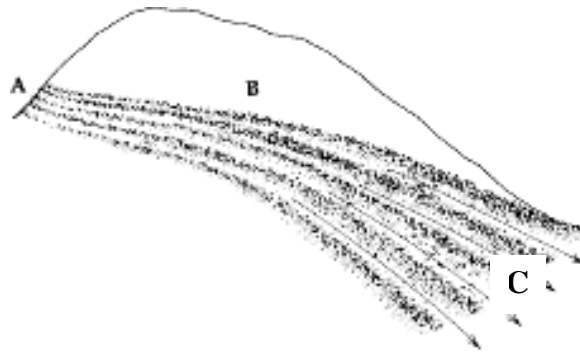
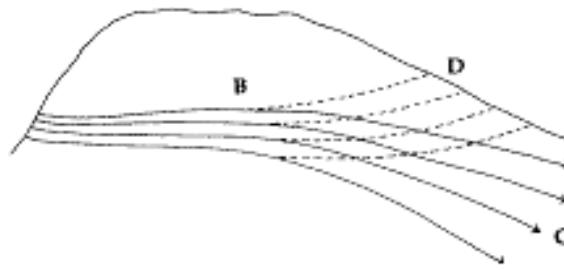
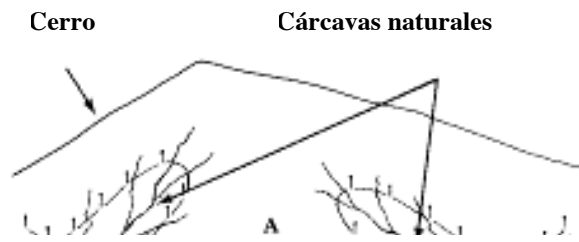


Figura 12. Falsa curva de nivel



Debido a que los terraplenes que constituyen el método convencional de controlar la erosión deben encauzar el escurrimiento hacia un curso de agua situado a un costado del campo, es preciso construirlos exactamente sobre la curva de nivel. Como se muestra en la **Figura 14**, una línea así (A, marcada con estacas) puede resultar difícil de seguir para el agricultor cuando emplea el arado. Sin embargo, no es necesario que los cercos vegetales se hallen situados exactamente sobre la curva de nivel para conservar eficazmente el suelo y la humedad, pues su finalidad es reducir la velocidad del agua que pasa a través de ellos y no encauzarla hacia otro lugar. Una vez que se ha marcado con jalones la curva de nivel (véase la página 30), el agente de extensión agrícola la puede emparejar para que al agricultor le sea más fácil seguirla. En la **Figura 14** se ha "promediado" la curva de nivel **A** hasta convertirla en la curva uniforme de la línea **B**. Para controlar la erosión laminar, basta con que los cercos y los surcos del arado (línea de siembra) sigan la línea **B**. El limo que se ha desprendido del agua escurrida se acumulará detrás de los cercos y eventualmente llegará a formar una terraza natural. Debido a que los cercos se extienden a lo ancho de la pendiente, los extremos de cada hilera deben dirigirse hacia lo alto de aquélla para impedir que el escurrimiento se derrame por los costados; ello acelerará la formación de terrazas naturales e impedirá que se produzca erosión en los extremos de las hileras de cercos, especialmente en las tierras con mucha pendiente.

Figura 14. Curva de nivel promediada



En las Figuras **15** y **16** vemos a dos agricultores, **A** y **B**. Ambos son buenos agricultores pero el de la **Figura 15** es, además, sensato, pues ha protegido su predio contra la pérdida de suelo mediante la plantación de cercos vegetales en las curvas de nivel del terreno y utiliza las hileras de cercos como guías para arar y plantar siguiendo las curvas de nivel. Los surcos creados en esa forma conservan el agua de lluvia y almacenan humedad adicional en el suelo, con lo que permiten a los cultivos soportar la falta de lluvia durante largos períodos. Lo que hace el agricultor **A** no cuesta más que lo que hace al agricultor **B** en la **Figura 16**. Lo único que varía es el sistema.

El agricultor **B** es un buen agricultor, pero no procede con sensatez; no razona. Al arar simplemente hacia arriba y hacia abajo de la pendiente está alentando al agua de lluvia a escurrirse de su predio y a llevarse consigo el abono de la propia explotación, así como una capa irremplazable de tierra vegetal. El agua de lluvia se escurre con tal rapidez que no alcanza a infiltrarse en el suelo, de modo que sus cultivos no estarán protegidos contra las temporadas secas.

Figura 15. Predio agrícola protegido



Figura 16. Predio agrícola desprotegido

En las **Figuras 17** y **18** se ilustra lo que sucede cuando los dos sistemas de explotación agrícola se hallan expuestos a fuertes precipitaciones. El campo del agricultor A está protegido por los cercos vegetales y no se produce pérdida de suelo (**Figura 17**). Los surcos que siguen las curvas de nivel guardan el agua de lluvia que les es posible retener. El excedente se escurre, pero los cercos de vetiver controlan el flujo — retardándolo, esparciendo el agua— y hacen que el limo se deposite. Como resultado de ello, el agua se escurre por la pendiente en forma inofensiva, sin causar erosión.

En la tierra desprotegida del agricultor **B**, el agua de lluvia se escurre con gran rapidez, arrastrando consigo los fertilizantes y la capa arable. Su descenso por la pendiente provoca una erosión innecesaria y perjudicial (**Figura 18**). Debido a que el escurrimiento es tan acelerado, la tierra no logra retener humedad. El agua de lluvia alcanza una eficacia de sólo entre el 40 y el 50% y el agricultor B se queda continuamente de la sequía. En último término se verá obligado a abandonar su campo porque no le quedará suelo para cultivos. El agricultor **A** jamás tendrá ese problema; por el contrario, sus cosechas serán más abundantes con los años.

Figura 17. El agua de lluvia y el predio agrícola protegido

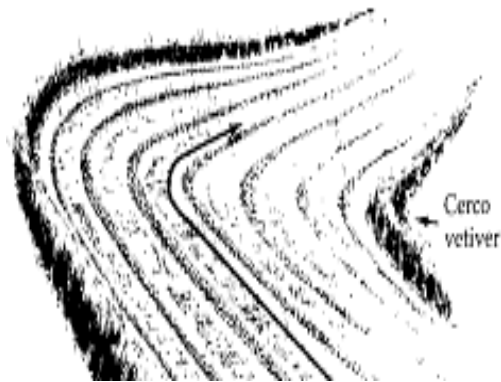
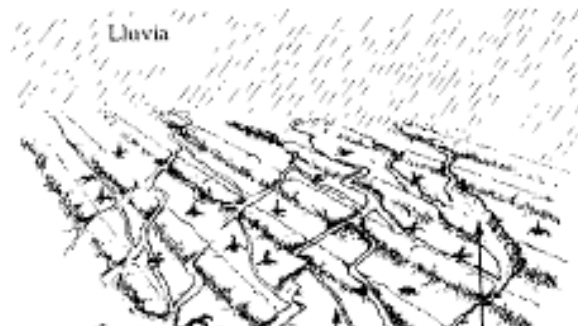


Figura 18. El agua de lluvia y el predio agrícola despro



Gracias a los cercos de vetiver en curvas de nivel, el agricultor A obtiene una cosecha excelente (**Figura 19**). Debido a que el suelo ha retenido gran cantidad de humedad procedente de lluvias anteriores, los cultivos se benefician con el calor del sol; todos los granos se están rellorando y la cosecha de pie tiene un crecimiento parejo. El agricultor A obtendrá un muy buen rendimiento.

Por el contrario, la cosecha del agricultor B es decepcionante (**Figura 20**). Sus cultivos prácticamente han fracasado y los pocos que quedan —que crecen en los pedazos de terreno que retuvieron algo de humedad— se están secando con el sol. Sólo un pequeño porcentaje de los granos se rellorará y la cosecha resultante será pobre. Sin embargo, plantó el mismo cultivo que el agricultor A y utilizó el mismo fertilizante; ambos cultivos se plantaron al mismo tiempo y recibieron la misma cantidad de lluvia y sol. A diferencia de su vecino, sin embargo, el agricultor B perdió la mayor parte del fertilizante, junto con el 60% del agua de lluvia y una capa de tierra vegetal de su predio agrícola de un grosor probable de un centímetro —simplemente porque no aró siguiendo las curvas de nivel del terreno ni utilizó cercos vegetales para proteger a la tierra contra la erosión y ayudar a los campos cultivados a retener la humedad proporcionada por la lluvia. Si hubiese seguido los consejos del servicio de extensión agrícola y hubiese arado y plantado la tierra siguiendo las curvas de nivel del terreno, el agricultor B habría podido obtener el mismo elevado rendimiento que el agricultor A.

Figura 19. Cultivo del agricultor A

Cerco de vetiver en
curvas de nivel



Habiendo aprendido la lección, el agricultor **B** se pone en contacto con el agente de extensión agrícola correspondiente y entre ambos marcan las líneas de nivel del terreno a través de los antiguos surcos (**Figura 21**). Este sencillo proceso prácticamente no requiere ningún conocimiento técnico especializado: basta con saber utilizar un pequeño nivel manual. El agente de extensión se coloca al borde del campo y mientras apunta con la mira pide al agricultor que se desplace hacia arriba o hacia abajo de la pendiente hasta que ambos se encuentren a un mismo nivel, momento en que el agricultor marca el lugar con una estaca. En la **Figura 21** la línea de nivel (**X**) ya se ha marcado con estacas y el agricultor sólo tiene que seguir la hilera de estacas con su arado (como se muestra en la **Figura 22**) para crear el surco en que habrá de plantar los haces enraizados de vetiver que eventualmente formarán un cerco vegetal a lo largo de la curva de nivel. Esto es todo lo que hay que hacer para establecer el sistema vegetal de conservación del suelo y la humedad.

Figura 21. Marcación de la curva de nivel



Figura 22. Arado siguiendo la curva de nivel



No obstante, como toda planta de larga vida, el vetiver con que se forma el sistema de cercos tarda normalmente entre dos y tres estaciones vegetativas en llegar a ser plenamente eficaz. ¡No se puede plantar un mango hoy y pretender recoger mangos el mes que viene! Pero sí puede lograrse que el sistema surta efecto de inmediato utilizando surcos falsos hasta el momento en que pueda establecerse el vetiver. Esta etapa preliminar se ilustra en la **Figura 23**. Mientras esperaba que en el vivero se produjeran las plantitas de vetiver, el agricultor trazó las curvas de nivel, preparó los plantíos siguiendo los surcos en curvas de nivel, y cada 5 ó 6 metros aró doblemente un surco falso. En los dos surcos falsos que aparecen en la figura se han plantado gandules y entre ellos se han intercalado seis hileras de cacahuetes. La forma de cada plantío se muestra debajo de la ilustración del cultivo: **SF** marca el surco falso más profundo, **G** la hilera de gandules que sustenta. Eventualmente se plantará vetiver en algunos de los surcos falsos, pero entretanto esos propios surcos ofrecerán algo de protección contra el escurrimiento. La plantación del vetiver estabilizará todo el sistema, como se muestra en la **Figura 24**, en que un cerco de vetiver ha tomado el lugar de uno de los surcos falsos.

Establecimiento de cercos de vetiver

En las páginas que siguen se explica paso a paso la forma de establecer un cerco de vetiver. También se ofrece información sobre la forma de manipular el material de plantación, el mejor momento para plantar y lo que cabe esperar una vez que se ha plantado la gramínea.

El primer paso es la obtención del material, por lo general de un vivero de vetiver. Si esta gramínea no se conoce en el lugar en que Ud. reside, diríjase a los jardines botánicos de los alrededores. Pídales que averigüen si figura la especie *Vetiveria zizanioides* en sus herbarios. Si se han recogido muestras, en la lámina correspondiente del herbario podrá verse el aspecto que tiene la planta, y figurará información sobre el lugar en que se encontró la muestra y el nombre que se le da en el lugar. El vetiver se encuentra en todas las regiones tropicales y ha sido cultivado con éxito hasta a 42 de latitud norte. Los viveros de vetiver son fáciles de establecer. Las entradas a represas pequeñas o a estanques de almacenamiento de agua son el mejor lugar para establecer viveros debido a que el agua que pasa hacia la represa o el estanque riega el vetiver, el que a su vez extrae el limo del agua. Las grandes cárcavas protegidas con vetiver también constituyen buenos viveros naturales. Para obtener resultados óptimos, las divisiones radiculares de vetiver, o haces enraizados, deben plantarse en hileras dobles o triples de manera que formen cercos paralelos a través del cauce. Las hileras deben plantarse a una distancia de entre 30 y 40 centímetros una de otra.

Para extraer una macolla de vetiver del vivero (**Figura 25**, ilustración **A**), debe utilizarse una azada o una horca. El sistema radicular es demasiado extenso y fuerte como para poder extraer la gramínea a mano. A continuación se debe arrancar un trozo, con raíces y todo, de la macolla (**B**). El trozo resultante, o haz enraizado, es lo que se planta en el campo (**C**).

Figura 25. El material de plantacion



Antes de transportar los haces enraizados desde el vivero hasta el campo, deben cortarse las hojas a unos 15 a 20 centímetros de la base, y las raíces a 10 centímetros de ésta. Esta operación mejorará las posibilidades de supervivencia de los haces una vez plantados, pues reduce el nivel de transpiración, lo que impide que se sequen. Como se muestra en la **Figura 26**, todo lo que se necesita para preparar los haces enraizados para la plantación es un bloque de madera y un cuchillo: éste puede ser un cuchillo para cortar caña o un machete. El trozo listo para plantar se muestra en la **Figura 27**.

Aunque el vetiver puede plantarse a partir de un único retoño (cuando escasea el material de plantación), esta práctica no se recomienda tratándose de una hierba que se va a plantar en el campo porque tarda demasiado en formar un cerco. La fertilización con fosfato diamónico (FDA) fomenta un rápido macollamiento y es útil tanto en el vivero como en el terreno. Para fertilizar en el terreno, basta con enterrar FDA en el surco antes de plantar los haces enraizados.

Figura 26 Preparacion de los haces enraizados

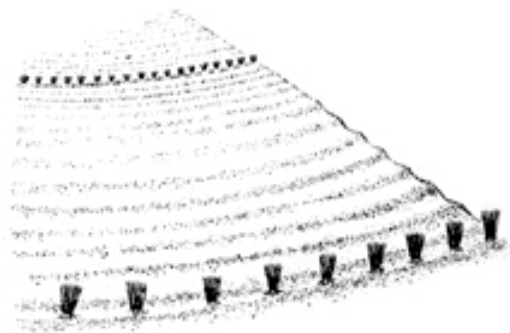


Los haces enraizados siempre deben plantarse al iniciarse la estación de las lluvias para asegurarse de que las aprovecharán plenamente. La plantación de haces enraizados de vetiver es similar a la plantación de plántulas de arroz. Se hace un agujero en el surco que se aró para marcar la curva de nivel. Luego se empuja el haz dentro del agujero, cuidando de que las raíces no se doblen hacia arriba, y se lo afirma en la tierra. El próximo haz se planta a 10 ó 15 centímetros de distancia del primero a lo largo del mismo surco, y así sucesivamente (**Figura 28**). Basta con plantar una sola hilera de haces. Si se plantan correctamente, éstos pueden resistir hasta un mes sin lluvia. Sin embargo, es posible que algunos mueran y dejen vacíos en la línea del cerco. Esos vacíos deben llenarse plantando nuevos haces. En algunos casos tal vez puedan utilizarse los tallos de floración, o tallos (véase la ilustración de la página 14), de las plantas vecinas; para hacerlo, bastará con dirigir los tallos hacia el espacio vacío y enterrarlos. Estos producirán raíces y hojas a la altura de los nudos. Desde luego, para que éste o cualquier otro sistema vegetal dé resultado, la planta *debe formar un cerco*; de lo contrario, el sistema no puede servir de barrera contra la pérdida de suelo. Si los haces enraizados se plantan a una distancia demasiado grande entre sí (**Figura 29**) el sistema será prácticamente inútil porque tardarán demasiado en formar un cerco y ofrecerán muy poca protección. Además, sin el refuerzo adicional de un cerco que permita mantener el suelo, el fertilizante y la humedad en contacto con el vetiver, las plantas no serían capaces de resistir las sequías más graves. Incluso en las zonas áridas que reciben menos de 200 milímetros de lluvia al año, un cerco vegetal de vetiver en curvas de nivel podría asegurar su propia viabilidad. Como resultado del cultivo en curvas de nivel y de la acción del cerco que retarda el escurrimiento, aumenta la infiltración del agua en el suelo. De

Figura 28. Plantación de los haces enraizados



Figura 29. Lo que hay que evitar



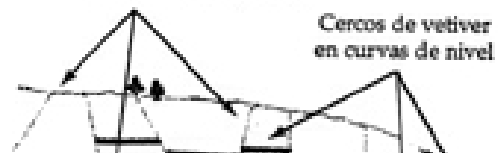
ese modo, el cerco puede contar con lo que podría ser el equivalente de un 50% más de lluvia.

Para que el sistema ofrezca el máximo de protección contra la erosión, los cercos deben estar espaciados a un intervalo vertical (IV) adecuado. El IV es la distancia vertical que media entre cercos al bajar la pendiente. La distancia efectiva medida a lo largo del terreno, denominada tramo de superficie, depende de la inclinación de la pendiente. Si el intervalo vertical es de 2 metros, por ejemplo, los cercos en una pendiente del 5% se hallarían a una distancia de alrededor de 40 metros unos de otros, en tanto que en una pendiente del 2% se hallarían a una distancia de alrededor de 100 metros entre sí. Como se muestra en la Figura 30, el tramo de superficie entre hileras de cercos plantadas en una pendiente del 57% con un IV de 2 metros es de aproximadamente 4 metros. En el Cuadro 1 que figura al final de este manual se ofrece una reseña más detallada de las relaciones entre la pendiente, el tramo de superficie y el intervalo vertical. En la práctica se ha determinado que un IV de 2 metros es adecuado.

Una vez que los cercos se han establecido en el terreno, el único cuidado que necesitarán es una poda anual a una altura de entre 30 y 50 centímetros para promover el macollamiento y evitar que echen sombra sobre los cultivos. Si se ara el terreno en los bordes de las hileras de cercos, se eliminarán los retoños que hayan comenzado a invadir el campo y se impedirá a los cercos ensancharse demasiado.

Figura 32. Sistema de cercos de vetiver

Límites de los predios agrícolas

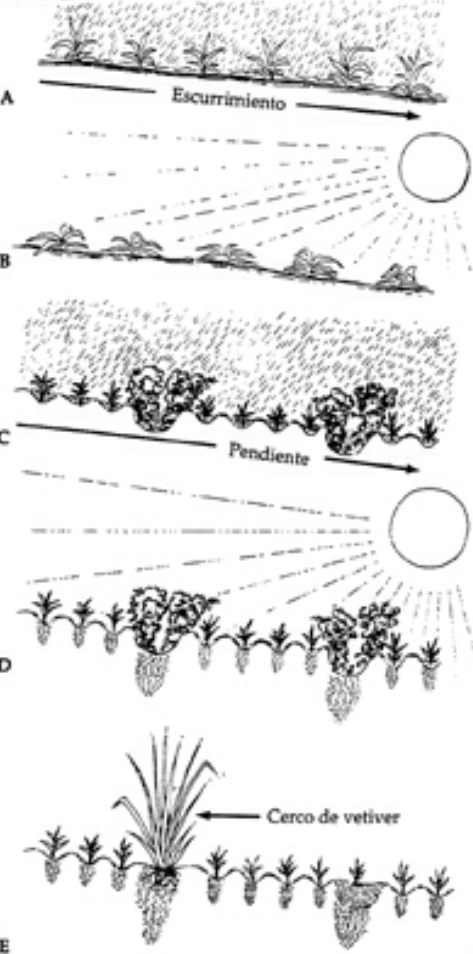


Conservacion de la humedad

Aunque en todo sistema agrícola de secano es esencial adoptar medidas para retener la humedad natural del suelo, el arte de conservar la humedad *in situ*, como se le denomina, rara vez se practica y no es de conocimiento general. No existe lo que podría llamarse un terreno plano; el agua se escurre de *todos* los terrenos. Por esa razón, si los terrenos son de secano, *deben seguirse las curvas de nivel* en todos ellos, por planos que parezcan. Las técnicas de conformación de la tierra, nivelación del terreno y otras similares, son necesarias sólo en las zonas de riego; en las zonas de secano deben seguirse las curvas de nivel. En la **Figura 31** se muestra lo que ocurre cuando se planta en un terreno “plano” sin el beneficio de los surcos en curvas de nivel.

En la ilustración **A** la lluvia se escurre hacia afuera del campo. En la ilustración **B** se aprecian los resultados: debido a que no se ha guardado humedad, las plantas se marchitan y mueren al sol. En la ilustración **C** se muestra la misma superficie plantada siguiendo los surcos en curvas de nivel, en que hay dos surcos falsos que reciben el exceso de escurrimiento hasta que pueda plantarse el vetiver. La lluvia captada y retenida por la microcuenca de cada surco tiene la oportunidad de penetrar la tierra. Cada surco puede retener 50 milímetros de agua de lluvia, de manera que en la mayoría de las tormentas no se produce escurrimiento. Gracias a ese sistema natural de almacenamiento de agua, las plantas pueden aprovechar la luz del sol, como se ve en la ilustración **D**. En la ilustración **E** se ha plantado vetiver en uno de los surcos falsos para estabilizar el sistema.

Figura 31. Los beneficios de los surcos en curvas de nivel



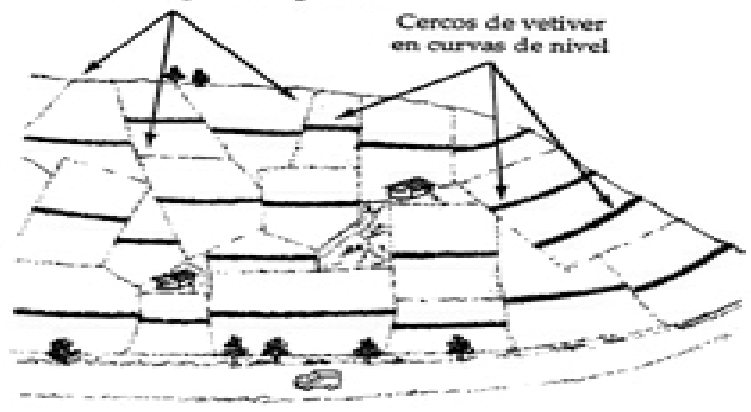
Un cerco de vetiver es la clave del sistema de conservación de la humedad *in situ*. Una vez establecido, sirve de guía para arar y plantar siguiendo la curva de nivel, y cuando se producen fuertes tormentas impide que la erosión destruya el terreno del agricultor. Lo maravilloso de la planta es que una vez que se ha establecido el cerco, éste se vuelve permanente.

La Figura 32 es una representación en forma de diagrama del aspecto que presentaría un sistema de cercos de vetiver en una zona de pequeños agricultores. Como puede verse, armoniza perfectamente con los sistemas agrícolas individuales. No hay cursos de agua ni terraplenados. La mayoría de los agricultores tiene una línea de vetiver plantada aproximadamente en el medio de su campo, cualquiera que sea la forma de éste; los campos de forma alargada tal vez necesiten dos líneas para estabilizarlos. Aunque cada campo tiene una o más líneas propias de vetiver, toda la ladera está protegida contra la erosión porque cada línea protege a la que le sigue en la pendiente. Con este sistema, una vez que los cercos se han establecido, no se necesitan nuevas obras de protección y el mantenimiento es mínimo. Cada agricultor tiene su propio aprovisionamiento de material de plantación de vetiver. Si en un punto cualquiera comienza a formarse una cárcava, puede extraerse vetiver de un cerco y plantarse a través de la cárcava incipiente para impedir que se agrande —con resultados permanentes y sin costo alguno salvo la mano de obra del propio agricultor.

Figura 32. Sistema de cercos de vetiver

Límites de los predios agrícolas

Cercos de vetiver
en curvas de nivel



Razones por las que el vetiver es la planta ideal para el sistema vegetal de conservación del suelo y la humedad

Aunque a través de los años se ha ensayado la utilización de muchas hierbas y árboles como medida de prevención de la erosión, hasta la fecha sólo el vetiver ha pasado la prueba del tiempo. Como queda de manifiesto en la enumeración de sus características que se presenta a continuación y que se deriva de observaciones recogidas en todo el mundo sobre la *Vetiveria zizanioides*, esta planta verdaderamente notable resulta ideal para el sistema vegetal de conservación del suelo y la humedad. No se conoce ninguna otra hierba que la iguale en resistencia y diversidad.

- Cuando se la planta correctamente, la *V. zizanioides* forma rápidamente un cerco espeso y permanente.
- Tiene un sistema radicular fuerte y fibroso que penetra y fija el suelo hasta una profundidad de tres metros y puede resistir los efectos de la tunelización y el agrietamiento.
- Es perenne y requiere un mínimo de mantenimiento.
- Es prácticamente estéril, y debido a que no produce estolones ni rizomas, no se convierte en maleza.
- Su corona se halla bajo la superficie, lo que la protege contra el fuego y el exceso de pastoreo.
- Sus hojas afiladas y sus raíces aromáticas repelen a los roedores, las serpientes y otras plagas similares.
- Sus hojas y raíces han demostrado ser resistentes a la mayoría de las enfermedades.
- Una vez establecida, por lo general no resulta apetitosa para el ganado. Las hojas nuevas, sin embargo, son sabrosas y pueden utilizarse para forraje. (En Karnataka, India, un cultivar de *V. zizanioides* seleccionado por los agricultores tiene hojas más tiernas que resultan más apetitosas para el ganado. Ese cultivar es

también más espeso y más resistente a la sequía que algunos de los demás cultivares disponibles.)

- Es tanto xerófita como hidrófita y una vez establecida puede resistir sequías, inundaciones y prolongados períodos de anegamiento.
- No compite con las plantas para cuya protección se la utiliza. Los cercos de vetiver han demostrado que no sólo no producen efectos negativos en el rendimiento de los cultivos alimentarios plantados en su vecindad, sino que hasta pueden llegar a aumentarlo.
- Se cree que posee micorrizas que fijan el nitrógeno, lo que explicaría el hecho de que se mantiene verde durante todo el año.
- Es barata y *fácil* de establecer como cerco y de mantener, así como de eliminar, si no se desea conservarla.
- Crece en cualquier tipo de suelo, con prescindencia de la fertilidad, el pH o la salinidad de éste. Ello incluye arenas, esquistos, suelos de grava e incluso suelos tóxicos debido a su contenido de aluminio.
- Crece en una amplia variedad de climas. Hay información de que crece en zonas con una precipitación media anual de entre 200 y 6.000 milímetros y temperaturas de entre —9 centígrados.
- Es una planta perfectamente adaptada, de modo que aun cuando todas las demás plantas de los alrededores han sido destruidas por la sequía, las inundaciones, las plagas, las enfermedades u otras circunstancias adversas, el vetiver permanece en su lugar para proteger al suelo de las próximas lluvias.

Otras aplicaciones prácticas del vetiver

Aparte de su éxito como sistema de conservación del suelo y la humedad, el vetiver ha demostrado su eficacia en varias otras aplicaciones. Una de las más importantes es la estabilización del terreno, así como de estructuras como presas, canales y caminos. En la Figura 33, por ejemplo, se muestra la forma en que puede utilizarse el vetiver para estabilizar un típico arrozal que depende de la construcción de terraplenes para que el agua de riego se mantenga a un nivel adecuado. Esos terraplenes (ilustración superior) pueden desgastarse por la acción del agua batida por el viento y por las actividades de las ratas, y otras plagas que excavan agujeros. La consiguiente erosión en gran escala, sin contar la pérdida de la costosa y en algunos casos irremplazable agua de riego, podría dar lugar a la pérdida de la cosecha.

El vetiver puede plantarse encima de los terraplenes del arrozal para estabilizarlos (ilustración inferior). El vetiver crece bien en esas condiciones y no sufre con las inundaciones ocasionales. Además, sus raíces contienen un aceite volátil que aleja a los roedores. Más aún, debido a que sus raíces crecen rectas hacia abajo y no se extienden lateralmente hacia los cultivos, la planta no tiene efecto alguno en el arroz o en el rendimiento de éste. Cada año el vetiver puede recortarse a nivel del suelo para impedir que arroje sombra sobre los cultivos.

En otro caso análogo, el vetiver puede usarse para conservar los diques de defensa de los ríos, pues impide que la erosión los devuelva a los campos (Figura 34). También se lo puede usar en los bajos de arena de los ríos para impedir que el limo del escurrimiento de los campos vecinos penetre en el curso de agua.

Figura 33. Estabilización de terraplenes

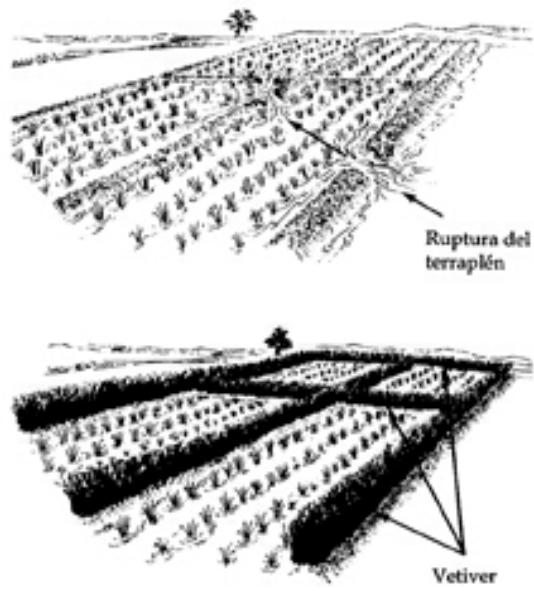
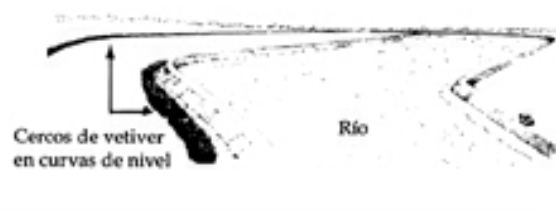


Figura 34. Protección de las riberas de los ríos



La influencia estabilizadora del vetiver es especialmente útil en terrenos escarpados y ondulados, en que la distribución de la humedad es imposible de controlar. En esas zonas, que son inadecuadas para el cultivo de cereales u otras plantas anuales, pueden plantarse con éxito árboles perennes siguiendo las curvas de nivel si se las estabiliza con vetiver. La mayor parte de los intentos de cultivar árboles en laderas empinadas terminan por abandonarse debido a que se obtienen rodales irregulares y de calidad deficiente que no justifican el costo de mantenimiento. En las Figuras **35 a 37** se muestra un método de establecer cultivos de árboles en ese tipo de cerros con ayuda de cercos de vetiver en curvas de nivel. Primero se marcan con estacas las curvas de nivel del cerro. Enseguida, a mano o con ayuda de una niveladora y una escarificadora, el agricultor excava zanjas en V de poca profundidad siguiendo las líneas de nivel del terreno. Se planta una hilera de árboles junto al borde de cada una de las zanjas, y en éstas se planta vetiver (Figuras **35 y 36**). Al plantar de ese modo, el agua que se escurre entre una hilera de árboles y la siguiente se acumula en las zanjas revestidas de vetiver. (Por lo general hay suficiente drenaje en las pendientes como para excluir la posibilidad de anegamiento.) Gracias a los efectos de esa acumulación de agua, no es necesario plantar las hileras de árboles tan cerca una de otra como los árboles de una misma hilera. Inicialmente, la zanja en V permitirá cierto control del escurrimiento, con lo que aumentará el contenido de humedad del suelo y se beneficiarán tanto el vetiver como los árboles plantados. Para cuando la zanja se haya deshecho al cabo de unos dos años, el cerco de vetiver se habrá establecido y estará ya cumpliendo su función de aumentar la infiltración del escurrimiento, detener la pérdida de suelo y de nutrientes y crear una terraza natural.

Figura 35. Crianza de árboles

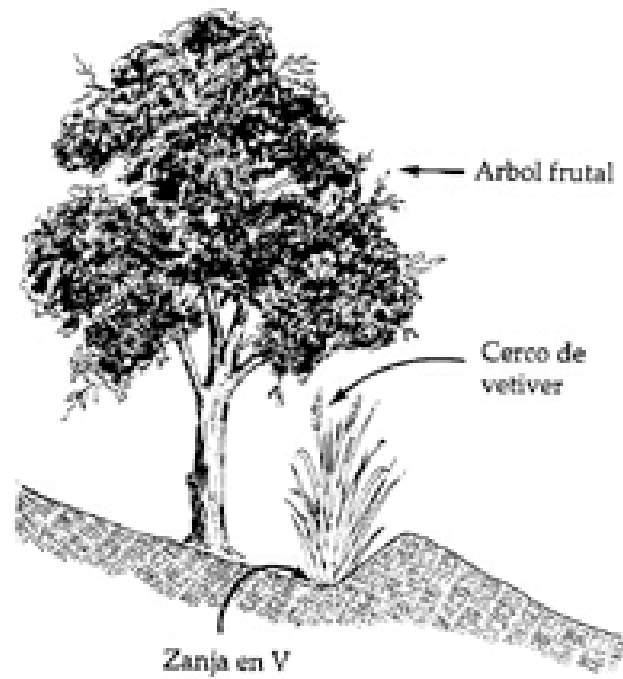
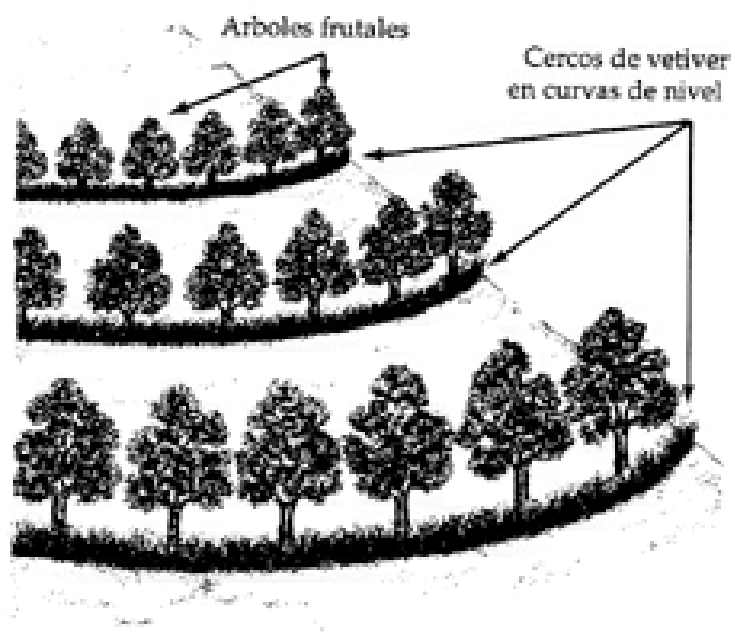


Figura 36. Estabilización de los cultivos de árboles



Debido a que la acumulación del escurrimiento en las zanjas en curvas de nivel tiene el efecto de duplicar o triplicar la cantidad de precipitación efectiva, los árboles frutales que se plantan con este método no necesitan riego en los primeros tres años de establecidos. Todo el sistema se estabiliza mediante las líneas de cercos de vetiver.

Una vez que los cercos de vetiver se han afianzado debidamente, el vetiver puede cortarse a ras del suelo cuando se inicia la estación seca y las hojas pueden utilizarse como cobertura vegetal al pie de los árboles frutales para ayudar a retener la humedad almacenada (**Figura 37**). La ventaja de utilizar el vetiver para ese propósito es que sus hojas albergan pocos insectos y duran bastante como cobertura vegetal. Además, los cercos de vetiver protegen a los árboles jóvenes en los meses calurosos de verano al proporcionarles algo de sombra indirecta y en los meses más fríos de invierno al actuar como rompevientos.

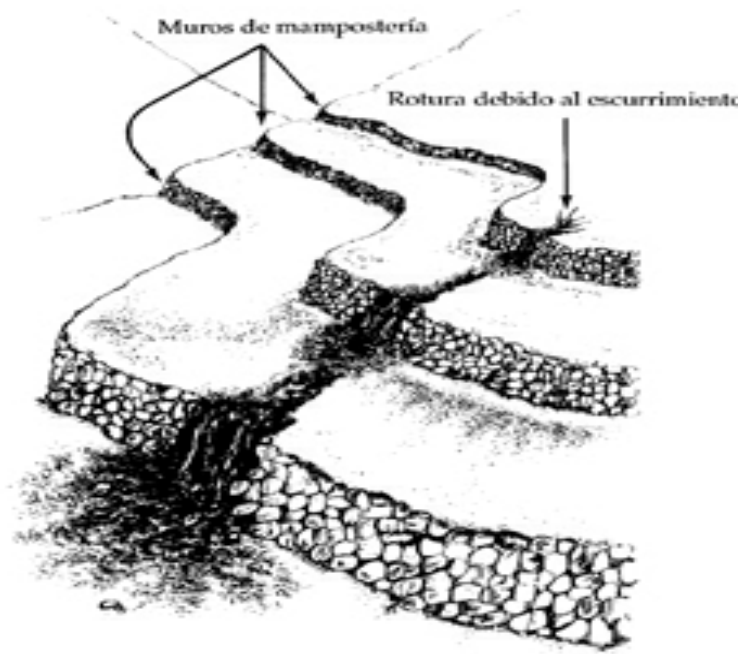
Los árboles forestales deben plantarse siguiendo el mismo método. En los lugares en que se ha hecho así se han obtenido resultados espectaculares: más del 90% de los plántones colocados así sobrevivieron a la sequía de 1987 en Andra Pradesh, India, en tanto que el 70% de los plántones restantes perecieron.

Figura 37. El vetiver utilizado como cobertura vegetal



En las tierras altas de los Himalayas, donde la explotación agrícola se lleva a cabo en terrazas, se está utilizando actualmente vetiver para estabilizar las tabicas de mampostería que se han construido a lo largo de los siglos. Si no tienen algún tipo de apoyo vegetal, esas antiguas estructuras requieren un mantenimiento constante. Si una tabica cede por la acción del agua durante una tormenta fuerte, otras terrazas situadas más abajo en la ladera con frecuencia sufren daños considerables debido al efecto de dominó. La Figura 38, en que se ilustra un sistema típico de terrazas en los cerros, muestra el tipo de daño que se produce comúnmente. Para permitir que haya drenaje entre las piedras, las tabicas de mampostería no están unidas con argamasa. Si los muros fueran sólidos, en lugar de desprenderse un solo trozo podría desmoronarse la pared entera y dar origen a un deslizamiento capaz de destruir toda la finca. Aunque las terrazas han dado excelentes resultados a través de los años, no dejan de representar un costo en términos de pérdidas de cultivos y exigen constantes trabajos de reparación.

Figura 38. Terrazas de mampostería



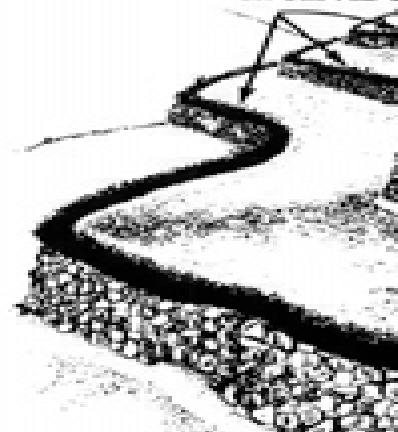
Cuando se explicó el sistema de estabilización mediante cercos de vetiver a los agricultores, éstos manifestaron el deseo de plantar la gramínea en tantas zonas como fuera posible. En un proyecto del Banco Mundial iniciado en 1986, se plantó vetiver a lo largo del borde de las terrazas durante la estación de las lluvias con la esperanza de que su poderoso sistema radicular reforzara las tabicas de mampostería.

La **Figura 39** muestra el aspecto que deberían tener las terrazas protegidas con vetiver una vez establecido éste. La hierba se planta únicamente en el borde extremo de cada terraza de modo de no obstaculizar el drenaje esencial entre las piedras. Según los agricultores, lo que causa la mayor parte del daño durante las tormentas fuertes es el agua que cae en cascada por las pendientes y por sobre la superficie de las terrazas de mampostería, especialmente si logra una concentración suficiente para formar una corriente. Una vez establecidos, los cercos de vetiver le quitarían al escurrimiento la mayor parte de su poder erosivo y a la vez protegerían el borde de las terrazas.

Como se muestra de cerca en la **Figura 40**, las tabicas de mampostería son vulnerables porque son simplemente piedras dispuestas una encima de la otra y por lo general tienen entre 2 y 3 metros de altura. Debido a que el vetiver tiene un poderoso sistema radicular capaz de penetrar fácilmente hasta el fondo de las tabicas, se lo puede utilizar para proteger todo el frente rocoso.

**Figura 39. Protección de la
de mampostería**

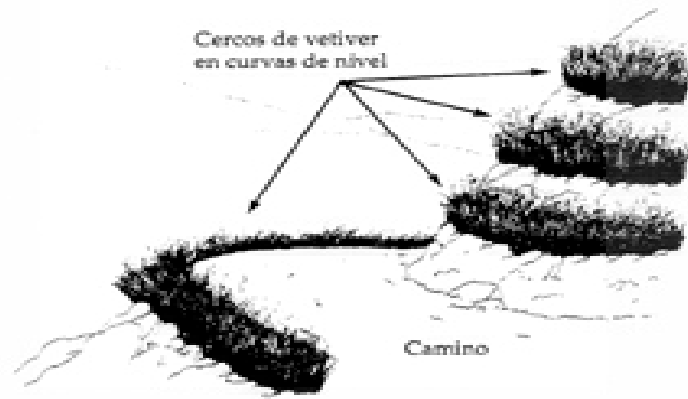
Cercos de v
en curvas d



En otro proyecto ejecutado en las tierras altas de los Himalayas, en zonas en que no hay terrazas de mampostería que detengan la erosión laminar masiva, se están estableciendo cercos de vetiver siguiendo las curvas de nivel para determinar si las terrazas naturales que se forman detrás de los cercos constituirán una base estable de tierra para la producción de leña y plantas forrajeras. En China, en las provincias de Jiangxi y Fujian, se están utilizando cercos de vetiver para proteger los bordes de terrazas en que se cultivan cítricos y té.

El vetiver se utiliza también para proteger los caminos excavados en las laderas, como se muestra en la **Figura 41**. En las Indias Occidentales, la planta se ha utilizado ampliamente para estabilizar los bordes de los caminos y ha impedido totalmente la erosión durante años. Los habitantes de San Vicente la usan para delinear el borde externo de los senderos que llevan hasta sus casas. La hierba ha demostrado una notable capacidad de crecer en prácticamente cualquier tipo de suelo. Por ejemplo, en la Estación de Investigaciones sobre Hierbas Medicinales y Aromáticas de Andra Pradesh, India, se observó que crecía en la cima de un cerro desprovisto de vegetación. Aunque en ese lugar los suelos son esqueléticos —fue necesario quitar las rocas de granito con ayuda de una topadora para despejar una porción de terreno en la cual plantar la gramínea— y se hallan privados de la mayoría de los beneficios que se derivan de las precipitaciones (debido a que están situados en la cima misma de un cerro) y aunque en ese momento no sustentaban ningún otro tipo de vegetación, el vetiver no dio señales de hallarse en dificultades. Una planta capaz de medrar en condiciones tan adversas debería dar excelentes resultados como elemento estabilizador prácticamente en cualquier parte.

Figura 41. Protección de los bordes de los caminos



Recientemente se ha ensayado el uso de vetiver para el aprovechamiento de tierras estériles y éste ha demostrado su eficacia como planta estabilizadora inicial. En la región del Sahel en Africa (en el estado de Kano en Nigeria) y en Bharatpur en la región central de la India, en condiciones extremadamente adversas de incendios y sequías constantes, las especies *Vetiveria nigriflora* y *Vetiveria zizanioides*, respectivamente, han sobrevivido como vegetación perfectamente adaptada durante cientos de años. Cuando se la planta como cerco vegetal en curvas de nivel en zonas de baldíos —lo que constituye la primera etapa de la estabilización de tales zonas— la *V. zizanioides* aprovecha los beneficios de cualquier excedente de escurrimiento y cosecha materia orgánica a medida que filtra el agua escurrida a través de los cercos. Debido a que las colinas al pie de los Himalayas de la India son muy jóvenes desde el punto de vista geológico, están muy expuestas a la erosión; la plantación de cercos de vetiver en curvas de nivel en torno a esos cerros y luego a través de los pequeños valles excavados por la erosión estabilizará esas zonas. Un tapón de mampostería colocado al final del sistema permite que se acumule sedimento, lo que proporciona a la gramínea una base para establecerse (**Figura 42**). El mismo sistema se aplicaría a las cárcavas normales como se muestra en la **Figura 43**. Una vez establecida, la gramínea transformaría a las cárcavas en terrazas.

Figura 42. Estabilización de zonas de baldíos

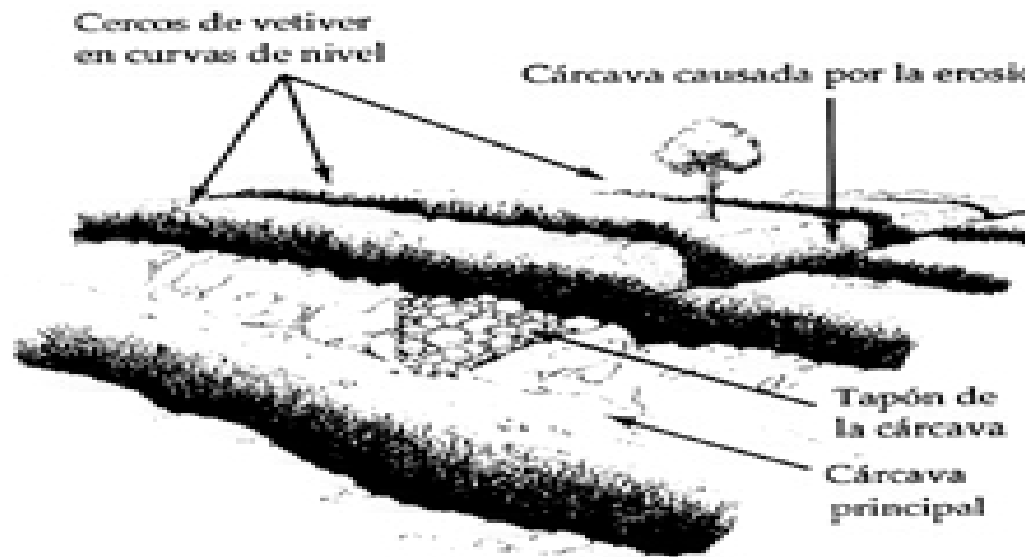
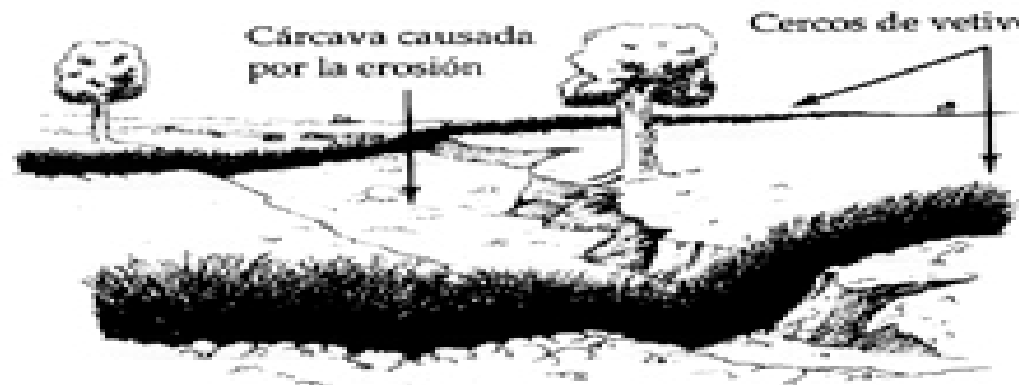


Figura 43. Estabilización de cárcavas



La utilización del vetiver para estabilizar las orillas de los ríos y las paredes de los canales es otra práctica recomendada. En un experimento realizado en Tanzania, en el camino a Dodoma, un ingeniero de caminos utilizó vetiver para proteger el muro de aleta de un puente en una orilla del río y construyó el acostumbrado muro de aleta de concreto en la otra orilla. Unos 30 a 40 años más tarde, el muro de concreto ya se había desmoronado y había caído al río, y la orilla a la que daba protección se hallaba erosionada. Del otro lado, el vetiver seguía manteniendo la orilla en perfectas condiciones. En la **Figura 44** se muestra la forma en que puede utilizarse el vetiver para proteger los puntos en que un río se aproxima a un puente. La **Figura 45** muestra la forma en que puede utilizarse el vetiver para proteger las orillas de un importante canal de riego.

Figura 44. Protección de puentes

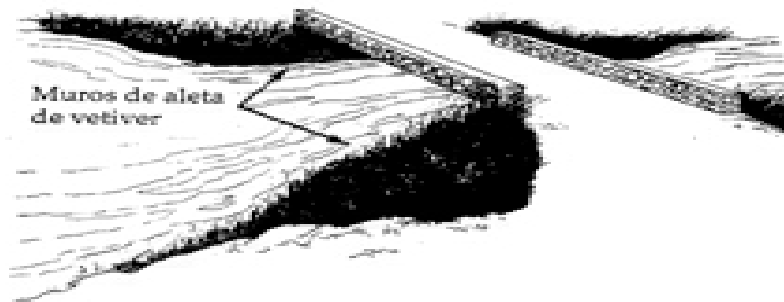
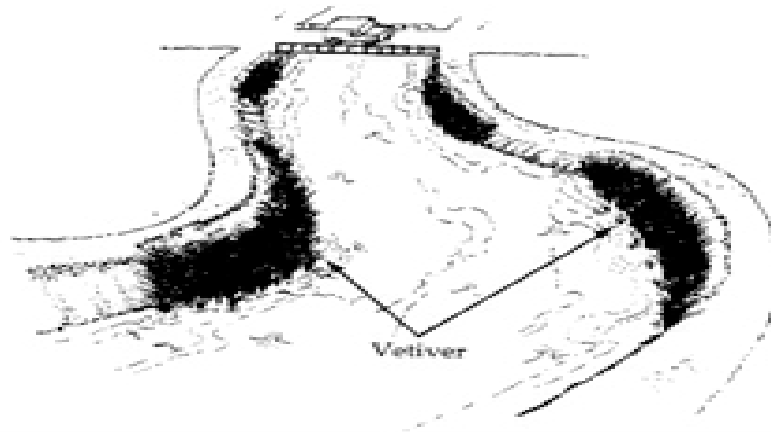


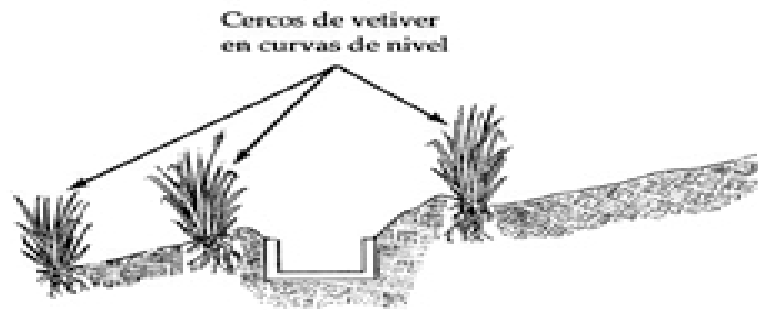
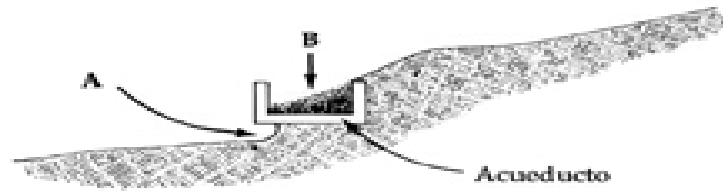
Figura 45. Protección de canales de riego



Los acueductos de riego en curvas de nivel que arrancan desde el canal principal y rodean los cerros hasta llegar a los confines superiores de una zona de control acumulan limo y sufren erosión a medida que serpentean alrededor de las laderas. El problema típico se muestra en la ilustración superior de la **Figura 46**: la erosión ha socavado la base de apoyo del conducto de concreto en el punto A y se ha llenado de sedimento en el punto **B**.

Para solucionar ese problema, debe plantarse el vetiver en forma paralela a los costados superior e inferior del conducto de concreto. Como se muestra en la ilustración inferior, el cerco superior impedirá la erosión, con lo que la estructura de concreto no se verá desestabilizada por surcos o cárcavas.

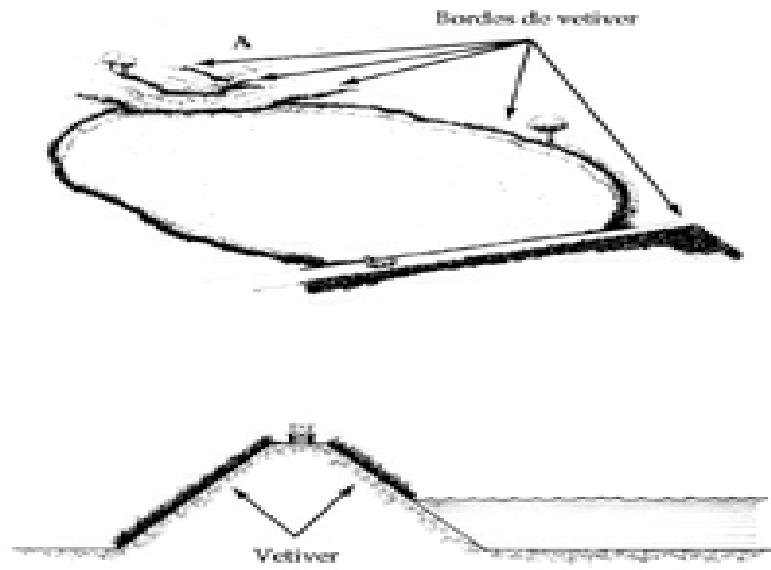
Figura 46. Protección de acueductos



Puede adoptarse un sistema similar para la protección de represas. Las represas pequeñas se están encenagando a una velocidad alarmante en todo el mundo. Una vez que eso sucede, quedan inutilizadas —y en muchos casos no existen otros lugares adecuados para construir nuevas represas. Si se planta vetiver alrededor de las orillas de la represa, como se muestra en la ilustración superior de **la Figura 47**, el limo arrastrado por el escurrimiento desde los cerros circundantes quedará atrapado antes de llegar a la represa. Y los cercos de vetiver plantados en sentido transversal en las vías de entrada (**A**) de represas pequeñas en corrientes intermitentes protegen a dichas represas contra el encenagamiento. Con el tiempo los cercos formarán terrazas estables que pueden utilizarse para cultivos o para la plantación de árboles.

En la ilustración inferior, se ha plantado vetiver en los muros de una represa para evitar el desgaste debido a la erosión en surcos, problema que aflige a muchas represas de tierra desprotegidas en todo el mundo. Para que sea más fácil descubrir las pérdidas por infiltración en la línea de base aguas abajo o en el fondo de las paredes de las represas y en las orillas de los canales, no debe plantarse vetiver en esos lugares.

Figura 47. Protección de represas



La versatilidad de la planta de vetiver la hace apta asimismo para numerosas aplicaciones más comunes. Da buen resultado como cama de paja para el ganado porque absorbe la orina y permanece seca durante más tiempo. En último término, es buen elemento para la elaboración de compost. En los países en que hay vientos fuertes, es eficaz como rompevientos para proteger a los jóvenes árboles frutales y madereros. También sirve como cortafuegos. Se la utiliza como paja para techumbres de casas, cobertizos y refugios y como cobertura vegetal para los cultivos de árboles. Las hojas se tejen para hacer canastos, y con las nervaduras centrales y los tallos de floración se fabrican excelentes escobas.

Datos útiles para su ordenación

En el prefacio de la primera edición pedimos a los usuarios que nos dieran su opinión y nos hicieran partícipes de sus experiencias. A continuación figuran algunas de las respuestas recibidas.

Observaciones generales

- Los cercos de vetiver bien desarrollados reducen el escurrimiento y aumentan la disponibilidad de agua subterránea. El flujo de las corrientes mejora durante la estación seca gracias al sistema de conservación de la humedad *in situ* mediante cercos.
- En la mayoría de los casos, en las pendientes de hasta un 5% se depositan anualmente alrededor de 10 centímetros de limo detrás de los cercos.
- Además de su uso para la conservación del suelo y de la humedad, el vetiver se utiliza asimismo como forraje, paja para techumbres, cobertura vegetal, cama de paja para el ganado, cortavientos, protección de las orillas de los caminos y en la fabricación de escobas.
- En los casos en que se requiere drenaje de los cultivos situados en las laderas —como ocurre con las hileras de tabaco plantadas en una pendiente escalonada— los cercos de vetiver constituyen una excelente barrera de amortiguación contra la erosión si se los coloca en curvas de nivel a intervalos fijos en la ladera del cerro.
- La mayoría de las raíces de la planta de vetiver crecen en línea redonda hasta por lo menos 3 metros de profundidad. Las demás raíces se extienden hasta 50 centímetros alrededor de la planta pero prácticamente no afectan al crecimiento de los cultivos, probablemente debido al alto contenido de humedad del suelo que caracteriza al cerco de vetiver.
- Los cercos de vetiver tardan alrededor de tres años en llegar a ser plenamente eficaces en condiciones de escasa precipitación. Si se plantan los haces enraiza

dos a una distancia de entre 10 y 15 centímetros entre si, el cerco se formará más rápidamente. Aun si se producen claros, no parece haber problema de erosión entre las plantas porque en el curso del primer año las raíces se unen y forman una barrera bajo la superficie.

- Cuando se planta vetiver en la orilla de las terrazas, son mejores las terrazas con desnivel hacia adelante que las con desnivel hacia atrás, porque en las primeras se pierde menos agua del escurrimiento por los canales traseros. Además, debido a que puede prescindirse de los canales traseros —y también en algunos casos de los canales delanteros, cuando se han construido— quedará más terreno libre para cultivo. El objetivo último debería ser prescindir de las terrazas, cuando sea posible, mediante la utilización de cercos de vetiver, de manera que la capa de tierra vegetal permanezca relativamente intacta.
- Se ha observado que el vetiver crece en condiciones que oscilan entre 200 y 6.000 milímetros de precipitaciones anuales y a 2.600 metros sobre el nivel del mar. Sobrevive a la nieve y la escarcha y crece en la mayoría de los tipos de suelo. Evidentemente, se desarrolla mejor cuando el suelo es húmedo y fértil, pero aun en condiciones adversas crece extremadamente bien en comparación con otras gramíneas.
- En muchos países el vetiver se ha infestado con mancha parda. Sin embargo, esta enfermedad no parece afectar negativamente al crecimiento de la planta. Se han observado algunos casos de roya negra, pero no son de importancia. En la India la roya parece ser una enfermedad propia del vetiver y no afecta a otras plantas. En China el vetiver ha sido atacado por insectos barrenadores de los tallos, pero en la mayoría de los casos el insecto muere después de entrar en el tallo. En general este problema no inquieta a los agricultores, los que tienden a hacerle frente seleccionando plantas más resistentes a las plagas y las enfermedades.
- Algunos resultados preliminares obtenidos en la India, tanto en alfisoles como en vertisoles, indican que

el escurrimiento del agua de lluvia se redujo del 40% al 15% (en comparación con el suelo de referencia) y la pérdida de limo se redujo de 25 toneladas por hectárea a 6 toneladas por hectárea (en todos los casos se trataba de cercos de dos años plantados en pendientes del 2%). En una demostración realizada en alfisoles, el tiempo que tardaban los cultivos en marchitarse aumentó de 7 días a 20 cuando se aplicaron medidas de conservación de la humedad *iii situ*.

- Una técnica interesante observada en China era el trenzado o entrelazado de las hojas y los tallos de plantas separadas pero vecinas de vetiver para crear una barrera temporal hasta que el cerco completo quedara establecido.
- El costo de los cercos de vetiver depende de la disponibilidad y el costo del material de plantación. En la India el costo inicial de establecimiento de los cercos se calcula en US\$8 por cada 100 metros de cerco, de los cuales \$6 corresponden a materiales de plantación y otros insumos. Una vez que el material vivo, en forma de cerco, se encuentra en la finca, el costo de producción de nuevos cercos es relativamente bajo —puede llegar a ser de sólo US\$2 por cada 100 metros. En esas condiciones la tasa de rentabilidad económica es superior al 100%. Si las pendientes son de menos del 5% y los cercos se plantan aproximadamente a 40 metros de distancia entre sí, se requieren 250 metros de cerco por hectárea a un costo de entre \$5 y \$20 (véase el Cuadro 2 al final de este manual).

Selección del material de plantación

- En Karnataka, India, se han identificado hasta la fecha seis cultivares. Uno de ellos, que los agricultores han escogido durante años, da óptimos resultados para la formación de cercos, como forraje y en cuanto a resistencia a los insectos, las enfermedades y la sequía.

- Al seleccionar el material, deben escogerse plantas resistentes a las plagas y la sequía y con buena capacidad de macollamiento.
- En los lugares en que los inviernos son fríos, debe seleccionarse material con mayor tolerancia a las bajas temperaturas.

Establecimiento de viveros

- El vetiver plantado en forma compacta en cárcavas grandes puede utilizarse para plantarlo en otros lugares. Las cárcavas son buenos viveros naturales porque en general están permanentemente húmedas y ofrecen buenas condiciones para el crecimiento.
- El cultivo de esquejes de tallos y raíces bajo cubierta de plástico puede ser un método económico de multiplicación vegetativa.
- Para lograr un macollamiento óptimo, los viveros deben fertilizarse (150 kilogramos de nitrógeno por hectárea) y regarse (especialmente en las zonas muy secas).
- Las plantas de vivero deben recortarse a una altura aproximada de entre 30 y 50 centímetros para estimular el macollamiento.
- Los mejores viveros parecen ser las arenas francas y los suelos de arcilla arenosa en que el drenaje es bueno y donde resulta fácil excavar las plantas para su transplante. Hemos visto excelentes viveros (cuando están bien regados) en zonas arenosas cerca de ríos perennes.

Plantación en el campo

- A condición de que se plante el vetiver cuando el terreno está mojado, puede tolerar un prolongado período de sequía luego de haber sido plantado.
- En las fincas y campos muy pequeños en que el terreno es escaso y los agricultores se resisten a plantar

en sentido transversal en sus campos, el vetiver debe plantarse en los lindes del terreno.

- En las tierras no arables con fuerte erosión, el vetiver debe plantarse primero en las cárcavas y alrededor del extremo superior de éstas. El material de las cárcavas puede utilizarse luego para plantarlo a través de las pendientes en los años siguientes.
- El rellenado de los claros es esencial y debe hacerse al comienzo de la estación de las lluvias. La posibilidad de “acodar” tallos vivos a través de los claros debe ensayarse como método para rellenar éstos.
- Para estimular el macollamiento y la densidad del cerco, la hierba debe recortarse a una altura de entre 30 y 50 centímetros después del primer año. El corte durante el primer año no parece provocar un aumento del macollamiento.
- La infestación de hormigas blancas (que atacan al material muerto) puede controlarse mediante la aplicación de 1 kilogramo de hexacloruro de benceno por cada 150 metros de cerco.
- Una vez que el vetiver se ha aclimatado (un mes después de la plantación), el arado de un pequeño surco inmediatamente detrás del cerco de vetiver ayudará a captar el escurrimiento y dará como resultado un mejor crecimiento de la planta.

Cuadro 1. Pendiente, tramo de superficie e intervalo vertical

<i>Pendiente</i>		<i>Gradiente</i>	<i>Tramo de superficie^a (metros)</i>
<i>Grados</i>	<i>Porcentaje</i>		
1	1,7	1 en 57,3	57,3
2	3,5	1 en 28,6	28,7
3	5,3	1 en 19,1	19,1
4	7,0	1 en 14,3	14,3
5	8,8	1 en 11,4	11,5
6	10,5	1 en 9,5	9,6
7	12,3	1 en 8,1	8,2
8	14,0	1 en 7,1	7,2
9	16,0	1 en 6,3	6,4
10	17,6	1 en 5,7	5,8
11	19,4	1 en 5,1	5,2
12	21,3	1 en 4,7	4,8
13	23,1	1 en 4,3	4,5
14	25,0	1 en 4,0	4,1
15	27,0	1 en 3,7	4,0
16	28,7	1 en 3,5	3,6
17	30,6	1 en 3,3	3,4
18	32,5	1 en 3,1	3,2
19	34,4	1 en 3,0	3,1
20	36,4	1 en 2,8	3,0
21	38,4	1 en 2,6	2,8
22	40,4	1 en 2,5	2,7
23	42,5	1 en 2,4	2,6
24	44,5	1 en 2,3	2,5
25	46,6	1 en 2,1	2,4
26	48,8	1 en 2,0	2,3
27	51,0	1 en 2,0	2,2
28	53,2	1 en 1,9	2,1
29	55,4	1 en 1,8	2,1
30	57,7	1 en 1,7	2,0

Cuadro 2. Costo del tratamiento de la tierra con cercos de vetiver en curvas de nivel de pendientes y costo de la mano de obra
(dólares de EE.UU. por hectárea)

<i>Pendiente</i> (porcentaje)	<i>Costo diario de la mano de obra</i>				
	<i>\$0,50</i>	<i>\$1,00</i>	<i>\$1,50</i>	<i>\$2,00</i>	<i>\$2,50</i>
0-1	2,43	3,44	4,45	5,46	6,47
1-2	7,29	10,32	13,35	16,38	19,40
2-5	17,02	24,08	31,15	38,21	45,28
5-10	36,46	51,60	66,74	81,88	97,02
10-15	60,77	86,00	111,24	136,47	161,71
15-20	85,08	120,40	155,73	191,06	226,39
20-30	121,54	172,01	222,48	272,95	323,42
30-40	170,15	240,81	311,47	382,12	452,78
40-50	218,77	309,61	400,46	491,30	582,15
50-60	267,38	378,41	489,45	600,48	711,51
60-70	316,00	447,22	578,44	709,66	840,88
70-80	364,61	516,02	667,43	818,84	970,25
80-90	413,22	584,82	756,42	928,02	1.099,61
90-100	461,84	653,62	845,41	1.037,19	1.228,98

Nota: Las cifras se basan en un intervalo vertical de 2 metros.

<i>Pendiente</i>		<i>Gradiente</i>	<i>Tramo de superficie^a</i> <i>(metros)</i>
<i>Grados</i>	<i>Porcentaje</i>		
31	60,1	1 en 1,7	2,0
32	62,5	1 en 1,6	1,9
33	65,0	1 en 1,5	1,8
34	67,5	1 en 1,5	1,8
35	70,0	1 en 1,4	1,7
36	72,7	1 en 1,4	1,7
37	75,4	1 en 1,3	1,7
38	78,1	1 en 1,3	1,6
39	80,1	1 en 1,2	1,6
40	84,0	1 en 1,2	1,6
41	87,0	1 en 1,2	1,5
42	90,0	1 en 1,1	1,5
43	93,3	1 en 1,1	1,5
44	96,6	1 en 1,0	1,4
45	100,0	1 en 1,0	1,4

a. Las cifras correspondientes al tramo de superficie se basan en un intervalo vertical (IV) de 1 metro. Para usar este cuadro, se debe multiplicar el tramo de superficie por el IV: por ejemplo, si el IV es de 2 metros en una pendiente del 70%, la distancia superficial entre las barreras vegetativas = $2 \times 1,7 = 3,4$ metros.

Nombres comunes del vetiver

China:	Xiang-Geng-chao
Etiopía	
<i>Amhárico:</i>	Yesero mekelakeya
Filipinas:	Ilib, Mora, Moras, Moro, Muda, Narawasta, Raiz de moras, Rimodas, Rimora, Rimoras, Tres-moras, Vetiver, Amoora, Amoras, Anias de moras, Giron
Ghana	
<i>Dagombé:</i>	Kulikarili
India	
<i>Hindi:</i>	Bala, Balah, Bena, Gannar, Khas, Ornei, Panni
<i>Urdu:</i>	Khas
<i>Bengalí:</i>	Khas-Khas
<i>Gujarati:</i>	Valo
<i>Marathi:</i>	Vala Khas-Khas
<i>Mundari:</i>	Birajono, Sirum, Sirumjon
<i>Oudh:</i>	Tin
<i>Punjabi:</i>	Panni
<i>Sadani:</i>	Birni
<i>Santali:</i>	Sirom
<i>Telugu:</i>	Avurugaddiveru, Kuraveeru, Lamajakamuveru, Vettiveeru, Vidavaliveru
<i>Tamil:</i>	Ilamichamver, Vettiver, Vilhalver, Viranam
<i>Kannada:</i>	Vettiveeru, Laamanche, Kaadu, Karidappasaje hallu
<i>Malayalam:</i>	Ramaccham, Ramachehamver, Vettiveru
Indonesia:	Aga wangi, Larasetu, Larawestu, Raraweatu
<i>Sundanés:</i>	Janur, Narawastu, Usar

Irán

Persa: Bikhiwala, Khas

Malasia:

Nara wastu, Nara setu, Naga setu, Akar wangi (raíz fragante), Rumpuť wangi (hierba fragante), Kusu-kusu

Nigeria

Hausa: Jema

Fulani: So'dornde, So'mayo, Chor'dor'de, Ngongonari, Zemako

Sahel

Bambara: Babin, Ngongon, Ngoko ba

Songhai: Diri

Fulani: Kieli, Dimi, Pallol

Sarakolle: Kamare

Mossi: Roudoum

Gurma: Kulkadere

Senegal

Wolof: Sep, Tiep

Fulani: Toul

Tukulor: Semban

Sierra Leona

Mende: Pindi

Susu: Barewali

Temne: An-wunga ro-gban

Sri Lanka

Singalés: Saivandera, Savandramul

Tailandia:

Faeg