

Experiencias en Bioingeniería implementando el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides*, (L) Nash) en diferentes localidades de Venezuela

*Ing. Agr. Carlos J Gomis S, Venezuela
cgs_ecology@yahoo.com*

Resumen

Venezuela se caracteriza por poseer una amplia variabilidad climática. Según el sistema de clasificación de las formaciones vegetales del mundo del Dr. Leslie R. Holdrige en el país se han reconocido 22 zonas de vida, cada localidad del territorio nacional presenta características muy particulares que deben ser tomadas en cuenta a la hora de establecer proyectos de bioingeniería. En las región Central se han realizado proyectos de conservación de suelos y aguas en áreas de desarrollo habitacionales y recreacionales, estas experiencias se han puesto en practica en una amplia gama suelos, desde los bien drenados, pasando por los rocosos y los arcillosos con pendientes que van desde 20% a 50%, cabe destacar los proyectos: Estabilización de áreas de paisajismo de Mágnum City Club (Caracas 1996), Estabilización de taludes en la urbanización La Quinta (Los Teques, Edo. Miranda 2004-2006), Estabilización de taludes en la urbanización Terrazas de Buenaventura (Guatire, Edo. Miranda 2006). En la región Oriental cabe mencionar: Restauración de taludes en el área adyacente a la Refinería el Chaure (Pto. La Cruz, Edo. Anzoátegui 2000), Estabilización de áreas de talud en los laterales del canal principal de drenaje (Criogénico de Jose, Edo. Anzoátegui 2000), Restauración ambiental en la urbanización terrazas del mar (Barcelona, Edo. Anzoátegui 2001), Estabilización de taludes adyacentes al área de reforestación en el Terminal de Almacenamiento y Embarque de Crudo de PDVSA (Jose, Edo. Anzoátegui 2001). En cada uno de los proyectos desarrollados se establecieron barreras vivas de vetiver en combinación con diferentes prácticas de conservación de suelos, con el propósito de lograr a satisfacción la estabilidad de las áreas de talud y el establecimiento de cobertura vegetal. Los resultados obtenidos en todos los proyectos desarrollados de bioingeniería antes mencionados son satisfactorios pues minimizan los procesos erosivos y evidencian el poder de adaptabilidad del vetiver en las diferentes localidades del país.

Palabras claves: condiciones agroclimáticas, conservación de suelos, adaptabilidad, estabilización, localidad, bioingeniería.

A. Introducción

El constante deterioro del medio ambiente demanda estrategias que minimicen los efectos de la erosión, desde tiempos antiguos se han venido aplicando diferentes prácticas para su control que han evolucionado en el tiempo, donde la relación costo-beneficio y la atención al ambiente son factores determinantes. Thompson (1974) señala que al realizar un plan para combatir la erosión, posiblemente de los cinco factores principales que la afectan como son: a) la cantidad y distribución de las precipitaciones, b) la temperatura, c) la topografía, d) la cubierta vegetal y e) las características del suelo, la atención preferente debe dedicarse a la vegetación que cubrirá el suelo.

Son muchas las prácticas para mitigar los efectos erosivos, cabe destacar: las siembras en curvas de nivel, terrazas individuales, residuos y vegetación de cobertura, barreras muertas y barreras vivas. Todas ellas, conducen a contrarrestar la escorrentía del agua en los terrenos desnudos, promover la infiltración de la misma, almacenarla y permitir que los excesos recarguen los acuíferos del suelo. El vetiver se destaca como una herramienta en la protección contra la erosión y ayuda en la estabilización de pendientes frente a los deslizamientos. Smyle (1999) señala las características del vetiver como un aplanador contra la erosión para ser utilizada en la conservación de suelos y aguas, en estabilización y protección de infraestructuras y otros usos. Los proyectos de bioingeniería consideran la reconstrucción de ambientes naturales mediante la utilización de técnicas de restauración del paisaje, principalmente con especies vegetales que se adapten a las condiciones agroecológicas de la zona, que aceleren la recuperación del ecosistema original, con el firme propósito de disminuir los impactos al espacio circundante. Rodríguez P, O (1999) reporta algunas de las experiencias en diferentes países donde el vetiver se está utilizando como herramienta en la bioingeniería y sobre algunas investigaciones que sustentan las ventajas en dichas aplicaciones, destaca ejemplo de aplicación con el vetiver en bioingeniería en Malasia, Australia, Filipinas, Tailandia, China, África, entre otros. Tras la promoción hecha por el Banco Mundial a través de la Red del Vetiver a finales de los años ochenta, esta tecnología comenzó a divulgarse y constatarse. En Venezuela a partir de la década de los 90 es cuando se ha enfatizado el desarrollo de la bioingeniería como especialidad integradora de las propiedades técnicas y biológicas de las plantas vivas y su utilización como elementos a ser incluidos en obras de recuperación ambiental.

Con la implementación de prácticas de conservación de suelos y aguas utilizando la tecnología del vetiver en proyectos de infraestructura: industriales, desarrollos habitacionales, recreacionales y viales, se busca mejorar la gestión económica de los recursos naturales armonizando con el medio ambiente e incidiendo positivamente en la reducción de los costos constructivos.

B. Caracterización general de las áreas

1. Bosque seco premontano

Clima

Es una zona de vida con límites climáticos generales de precipitación promedio entre los 550 y 1100mm. Anual y una temperatura media entre 18 y 24 °C. Está en la provincia de humedad subhúmedo, por tener una relación de evapotranspiración potencial entre 1,0 y 2,0. Aunque sufre una deficiencia de agua durante el año.

En esta estación, ubicada climatológicamente cerca del centro de la formación, los meses efectivamente secos son los primeros seis del año. La topografía inclinada que predomina en esta zona de vida ha sido el principal factor limitante a su uso agrícola y urbano.

Vegetación

La vegetación de esta formación ha sido muy alterada, a tal punto que no se ha podido observar el tipo climax. Predomina vegetación secundaria en varios estados de degradación ó recuperación. La altura del primer piso varía entre ocho y dieciocho metros y está dominado por leguminosas, como “roble”, *Platymiscium sp*, “drago” *Pterocarpus podocarpus*, *Prosopis juliflora* y “samán”, *Pithecolobium saman*.

2. Bosque seco tropical

Clima

El bosque seco tropical cubre más área que cualquier otra zona de vida de Venezuela. En su mayor parte está compuesto por los llanos, pero incluye otras áreas grandes. Su límite altitudinal se encuentra entre 400 y 1000 msnm., dependiente de ellas condiciones de humedad. Su promedio anual de temperatura varía entre 22y 29 ° C. El promedio anual de precipitación es de 1000 a 1800mm pero bajo condiciones de temperaturas altas, puede extenderse hasta 1900mm. En la mayoría de su extensión en el país, esta formación se caracteriza por una fuerte sequía de cuatro a seis meses de duración.

Vegetación

Bosque seco tropical está tan extendido y abarca condiciones edáficas tan distintas, que la vegetación de esta formación presenta gran variedad de aspectos. Las especies del bosque seco tropical en su estado primario son numerosas “caoba” *Swietenia macrophylla*, “trompillo” *Guarea tritrichilioides*, “betún” *Calicophyllum candidissimum*, entre otras. También se distinguen algunas palmas como *Copernicia*, *Attalea*, *Acrocomia*, *Ortodoxa* y *Roystonea*. En el bosque secundario son el resultado de la explotación forestal e incendios pero más común resultado del abandono de las tierras por los agricultores.

3. Bosque muy seco tropical

Clima

La formación de extiende desde el nivel del mar hasta unos 600m de altura y promedio anual de temperatura está entre los 24° C y los 29° C. El promedio anual de precipitación varia generalmente entre los 400 y 1000 mm, lo cual es 2 ó cuatro veces menor que la evapotranspiración potencial y coloca la formación en la provincia de humedad semiárido.

Ciertas áreas en el bosque muy seco tropical son consideradas como áridas. La precipitación que frecuentemente ocurre en forma de frecuentes aguaceros, han contribuido a la erosión tan extendida en esta formación.

Vegetación

Se pueden apreciar dos estratos en el bosque clímax. El superior generalmente de un altura de 8 a 18 metros con algunos dominantes alcanzando hasta veinte metros. Las copas son de formas variables y no muy densas. En este piso se encuentran árboles con “gatillo”, *Capparis linearis*, vera, *Bulnesia arborea* y otros varios géneros *Platymiscium*, *Pithecolobium* y *Tabebuia*. Dispersos entre estos hay cactáceas columnares pero no tan frecuente como en el monte espinoso tropical. El estrato inferior de dos a cinco metros, está constituido por ejemplares arbustivos de géneros como *Jatropha*, *Lonchocarpus*, *Cassia*, *Hyptis* y *Poponax*. Frecuentemente se encuentra la “maya” *Bromelia humilis* formando manchones densos que cubren el suelo tanto en la vegetación primaria como en la secundaria.

La erosión del suelo en esta formación es un proceso ligado con la quema y con el sobrepastoreo.

C. Proyectos en la Región Central de Venezuela

Los proyectos de bioingeniería desarrollados en la zona central del país se ubican en dos zonas vida según la clasificación de Holdridge: bosque seco premontano y bosque seco tropical.

Bosque seco premontano

1. Estabilización de áreas de paisajismo de Magnum City Club (Caracas 1996)
2. Estabilización de taludes en la urbanización La Quinta (Los Teques, Edo. Miranda 2004-2006)

Bosque seco tropical.

3. Estabilización de taludes en la urbanización Terrazas de Buenaventura (Guatire, Edo. Miranda 2006)

1. Estabilización de taludes en áreas de paisajismo de Mágnum City Club (Caracas 1996)

Duración del proyecto: 4 meses

Superficie: 1,5 ha

Relaciones de talud: 1:1

El proyecto se sitúa en un desarrollo recreacional al este de la ciudad de Caracas en áreas de paisajismo, El Arquitecto Omar Salazar y mi persona, seleccionamos el uso del “vetiver” (*Vetiveria zizanioides*, (L) Nash), como medida de protección de los taludes contra la erosión, a la vez de realzar las áreas de paisajismo combinándolo con especies ornamentales tales como: “Capa roja” (*Acalipha wilkesiana* MUELL.), “Vedelia”. (*Weddelia trilobata* (L)), entre otras. Se establecieron barreras vivas de vetiver a curvas de nivel distanciadas cada 80 cm. El trabajo se desarrolló en un corte cerro en substrato esquistoso, el material vegetal empleado para esta actividad provino de dos localidades: Estación El Laurel “Jaime Henao Jaramillo” de la UCV (Facultad de agronomía) y de viejos plantíos de vetiver ubicados en zonas de sabana al sur de Venezuela en el estado Apure. Se extrajo y seleccionó el material vegetal de macollas jóvenes. Una vez seleccionado el material vegetal, se colocó en bolsas de polietileno de 2 kg en número de dos (2) esquejes por bolsas a fin de multiplicarlo. Se utilizó materia orgánica para el llenado de las bolsas, seguidamente se colocó en cada una de estas 15 gr de fertilizante comercial para hasta realizar la siembra de los esquejes. Es importante señalar que para el momento del proyecto, no se contaba con material vegetal suficiente donde adquirir el material por tanto se multiplicó el vetiver, la multiplicación del se realizó en dos zonas de Caracas (Chacaito y Mágnum), el tiempo estimado para la conformación de macollas de 10 cm de diámetro requeridas para la siembra fue de 3 meses. Para la conformación de las barreras vivas, se sembraron cada 15 cm las macollas extraídas de las bolsas. El período de siembra para la conformación de las barreras fue de aproximadamente de 1 mes, la estabilidad del área se logró a partir de los 6 meses. Se contó con riego y mantenimiento permanente.

Se detectó la presencia de “Candelilla” (*Aeneolamia varia*). Homóptera, alojada en la base de las macollas, causando efectos severos en las barreras de vetiver al chupar la savia de las hojas y tallos. La detección de esta plaga tuvo lugar en el área de vivero del Club en el año 2001, luego de detectada, se empleó el control químico y manejo agronómico, labores como poda y la fertilización.



**Condición final del área a dos años de realizada la siembra
1998**

2. Estabilización de taludes en la urbanización La Quinta (Los Teques, Edo. Miranda 2004-2006)

Duración del proyecto: un año y medio

Superficie: 3 ha

Relaciones de talud: variable desde 0,5:1 a 2:1

El uso del vetiver en la estabilización de taludes de la urbanización La Quinta, surge a partir del deslizamiento de un talud adyacente a la terraza n° 4, cabe mencionar que inicialmente la práctica empleada para reforestar los taludes consistía en la colocación de fajas sembrando pasto estrella, en vista de que con esta práctica no se obtuvo la estabilidad del talud, buscaron otra alternativa. Se seleccionó el vetiver por sus múltiples cualidades como sostén del suelo.

A partir de Agosto del 2004, se inició con la siembra del vetiver, estableciendo barreras vivas densas cada metro, el material vegetal se manejó a raíz desnuda utilizando cepas de vetiver de 10 cm de ancho aproximadamente, dicho material vegetal provino de una plantación ubicada al sur de Las Mercedes del llano en el estado Guarico.

En el área donde se sembró el vetiver se construyeron obras civiles cabe mencionar: pantalla de concreto para contener un área del talud y un sistema de drenaje. Al cabo de (6-8) meses se logró la estabilidad del área.

vetiver se ha seguido empleando en la estabilización de todos los taludes de este desarrollo habitacional con buenos resultados. Es conveniente mencionar que al vetiver en este proyecto prácticamente no se le suministró riego debido a las condiciones de humedad de la zona, solo al momento de la siembra. El mantenimiento de las barreras vivas es prácticamente nulo, la focalización de urbanizadora es lograr la estabilidad de las áreas de talud.

El vetiver una vez que se establece y afianza a los taludes, crea las condiciones para que otras especies colonicen la zona, cabe mencionar: “Capín melao” (*Melinis minutiflora* Beauv.), “Guinea” *Panicum maximum* Jacq.), entre otras.



**Condición inicial de área,
2004-2005**



**Condición del área una vez
conformado los taludes, 2005**



**Condición del área después de
conformado los taludes
2005**



**Aspecto del área luego de la siembra
del vetiver como medida de control de
erosión y estabilización, 2005.**

3. Estabilización de taludes en la urbanización Terrazas de Buenaventura (Guatire, Edo. Miranda 2006)

Duración del proyecto: 8 meses

Superficie: 1 ha

Relaciones de talud: variable 0.5:1 a 2:1

En este desarrollo habitacional se incluyó el vetiver como medida de protección de los taludes, pues ya tenían conocimiento del potencial de adaptabilidad del vetiver a diferentes condiciones agroecológicas y su capacidad como contención del suelo, experiencia en: (Proyecto Terrazas del mar, Edo. Anzoátegui)

El área donde se desarrolla este trabajo se caracteriza por presentar suelos franco arcilloso, desprovisto de materia orgánica.

Se establecieron barreras vivas el vetiver a curvas de nivel cada metro, se trabajo con macollas a raíz desnuda de 8 cm de diámetro, colocadas cada 8 cm.

El mantenimiento constante a las especies vegetales que conforman el paisajismo permitió realzar el desarrollo habitacional, se realizaron: labores de riego, fertilización, control de malezas y poda.

El vetiver ha representado una alternativa muy valiosa en la estabilización de taludes no solo en la contención del suelo sino en el aspecto estético de las áreas de Paisajismo.



**Vista aérea de la urbanización Buenaventura
Barreras vivas de Vetiver a curvas de nivel como medida de
estabilización de las áreas de talud, 2006**

D. Proyectos en la región Oriental del País

Los proyectos desarrollados en el oriente del país corresponden a la zona de vida Bosque muy seco tropical según la clasificación de Holdridge, se sitúa al oeste y sur de Barcelona en el Estado Anzoátegui.

Bosque muy seco tropical

1. Restauración de taludes en el área adyacente a la Refinería el Chaure (Pto. La Cruz, Edo. Anzoátegui 2000)
2. Estabilización de áreas de talud en los laterales del canal principal de drenaje (Criogénico de Jose, Edo. Anzoátegui 2000)
3. Restauración ambiental en la urbanización terrazas del mar (Barcelona, Edo. Anzoátegui 2001)
4. Estabilización de taludes adyacentes al área de reforestación en el Terminal de Almacenamiento y Embarque de Crudo de PDVSA (Jose, Edo. Anzoátegui 2001)

1. Restauración de los taludes adyacentes a Refinería el Chaure de Puerto la Cruz, Edo. Anzoátegui.

Duración del proyecto: 3 meses

Superficie: 1,5 ha

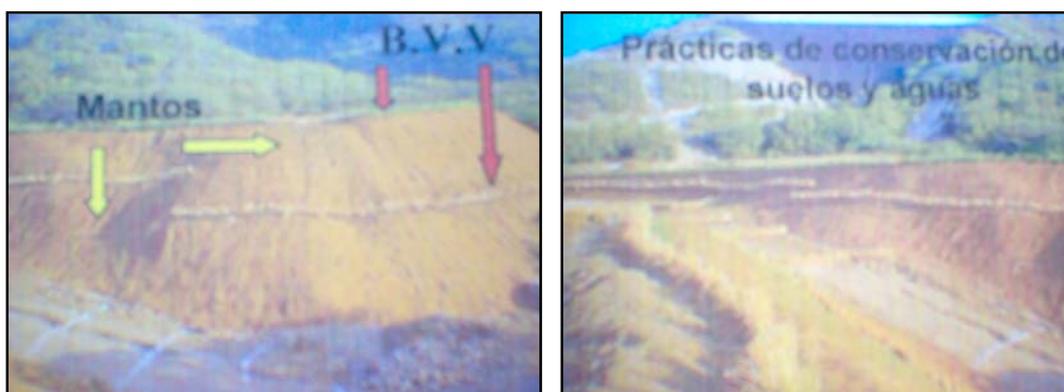
Relaciones de talud: 0,5:1

Se establecieron barreras vivas de vetiver en combinación con otras prácticas de conservación de suelos y aguas, cabe destacar la cobertura del terreno implementando el uso de mantos de fibra de coco para minimizar el impacto de la lluvia sobre el suelo. Se construyeron sistemas de drenaje y bermas para reducir la escorrentía del agua por las áreas de talud. Se construyeron enrocados al final de los sistemas de drenaje a fin de reducir la energía del agua y garantizar que esta no erosionara las zonas más bajas.

El proyecto se desarrolló en un área de bote, donde depositaban materiales de suelo de diversos tipos, presencia de escombros, suelos desprovistos de materia orgánica de baja fertilidad, desechos generados por las actividades propias de la empresa petrolera.

Establecimiento un área de compensación según normativa ambiental vigente por afectaciones al medio ambiente producto de construcciones de infraestructura en la Refinería El Chaure de Puerto La Cruz , Edo. Anzoátegui.

Se establecieron barreras vivas de “vetiver“ (*Vetiveria Zizanioides* (L) Nash), colocandolas continuamente y a curvas de nivel y se distanciaron entre si cada 6 metros. Las cepas del material vegetal fueron de 7 cm de diámetro y se colocaron pegadas unas con otras hasta conformar la barrera.. El material vegetal empleado fue seleccionado de macollas jóvenes y vigorosas. Previo a la siembra de las barreras se colocó por cada metro lineal 50gr de fertilizante comercial (12-24-12).



**Combinación de prácticas de conservación de suelos y aguas
Barreras vivas de vetiver y mantos de fibra de coco, condición inicial, 1999**

2. Estabilización de áreas de talud en los laterales del canal principal de drenaje (Criogénico de Jose, Edo. Anzoátegui, 2000)

Superficie: 3600 m²

Duración: 15 días

Relación de taludes: 3:1

Suelos arcillosos desprovistos de materia orgánica muy compactados y de baja fertilidad.

El proyecto de desarrollo a 2 km de la costa en terrenos del TAEJ. Se seleccionó el uso del vetiver en esta zona por sus múltiples cualidades de adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas y potencial en el control de la erosión. Se establecieron barreras vivas de vetiver cada 1,5 m. Previo a la siembra de las barreras se colocó por cada metro lineal 50gr de fertilizante comercial (12-24-12). Para la ejecución de las actividades se empleó personal obrero bajo contrato petrolero conformado por 6 personas, cabe mencionar que durante la ejecución de las labores relacionadas con la siembra de las barreras vivas de vetiver, se obtuvo un rendimiento promedio de 40 metros lineales por obrero, que comprendía el surcado y siembra.



Condición inicial de las áreas de talud durante el marcaje y apertura de los surcos para la siembra de las barreras de vetiver, 2000.

3. Restauración ambiental en la urbanización terrazas del mar (Barcelona, Edo. Anzoátegui, 2001)

Duración del proyecto: 1 mes

Superficie: 2000 m²

Relaciones de talud: 2:1

Suministro del vetiver y asesoramiento en la siembra y manejo.

Se establecieron barreras vivas de “vetiver“ (*Vetiveria Zizanioides* (L) Nash), colocando las sepas del material vegetal y a curvas de nivel distanciadas unas otras cada 6 m, hasta lograr un cerco. El distanciamiento de las barreras fue cada metro, el ángulo de inclinación fue de 45° relaciones de talud 1:1, suelos arcillosos, presencia de esqueleto grueso superficialmente.

El material vegetal empleado fue seleccionado considerando el estado fisiológico de las macollas (cepas jóvenes no lignificadas con abundante biomasa radical). El propósito de la selección del vetiver en este proyecto obedece a la necesidad de garantizar la estabilidad de los taludes en el menor tiempo posible y minimizar la producción de sedimentos aguas abajo. Complementariamente el vetiver a la vez de proteger las áreas de talud mejoró significativamente el aspecto estético en las adyacencias del desarrollo habitacional.

Se empleó agua de riego para el establecimiento de las barreras vivas por 1 mes, luego de este tiempo ocasionalmente se realizó esta labor.

4. Restauración de los taludes adyacentes al área de reforestación del Terminal de Almacenamiento y embarque de Crudo en Jose (TAEJ), Edo. Anzoátegui.

Duración del proyecto: 1,5 meses

Relación de taludes: Variable de 2:1 hasta 4:1

Superficie: 9000 m²

Paralelamente al desarrollo de la siembra de las especies forestales en el TAEJ, se estabilizaron los taludes ubicados en el perímetro donde se desarrollo la reforestación se ubicada a 100 m de distancia de la costa y a 5msnm, el proyecto se desarrolla en un área de bote creada durante la construcción del Terminal TAEJ, caracterizada por presentar suelos arcillosos bien compactados, desprovista de materia orgánica, presentar gran cantidad de escombros y desechos de diversa índole.

El trabajo consistió en estabilizar las áreas de talud de 9000m², combinando barreras vivas de vetiver sembradas a curvas de nivel con pasto Bermuda. Las barreras se distanciaron cada 3 m, entre las barreras se sembró el pasto bermuda. En ambos casos el material vegetal (vetiver y pasto bermuda), fue sembrado a partir de semilla asexual.

Durante el primer mes a las coberturas vegetales se les suministro riego para garantizar su establecimiento. Los resultados obtenidos evidencian que la combinación de las barreras vivas de vetiver y la cobertura vegetal de pasto bermuda, funcionan eficazmente en el control de la erosión minimizando la producción de sedimentos aguas abajo.

E. Conclusión

En todos los proyectos desarrollados tanto en la región central como oriental del Venezuela, se consideraron los elementos particulares, no obstante el conocimiento y uso de la tecnología del vetiver garantizó el éxito de los mismos. Lamentablemente en estos proyectos no se llevó un monitoreo con análisis de laboratorio por el carácter práctico de las obras, sin embargo se cumplió con los objetivos planteados en cada caso.

El Vetiver por sus múltiples cualidades puede establecerse satisfactoriamente en diferentes condiciones agroecológicas y zonas de vida (Bosque muy seco tropical, bosque seco tropical y bosque seco premontano), sin embargo en la zona de vida Bosque muy seco tropical requiere de la suplencia hídrica en el periodo seco del año para promover su desarrollo.

Considerando lo antes expuesto se puede decir que el vetiver es la especie vegetal con mayor oportunidad a ser empleada en proyectos de bioingeniería.

F. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **BANCO MUNDIAL. 1995.** La barrera contra la erosión. 3ra Edición. Washington.78p
- **EWEL, J Y A. MADRIZ, 1968.** Zonas de vida de Venezuela, memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Ministerio de Agricultura y Cria. Dirección de Investigación. Caracas. Venezuela. Pp: 15, 64 –86, 123-135
- **GOMIS S.,C 1997.** Estudio del comportamiento de vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L) Nash) en diferentes condiciones agroclimaticas y de manejo. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay.
- **HENGCHAOVANICH D.1999.** El pasto Vetiver en la estabilización de pendientes y el control de la erosión (con énfasis especial en las aplicaciones de ingeniería) APT Consult Co. Ltd. Bangkok, Tailandia. 14p
- **RED LATINOAMERICANA DEL VETIVER. 1996, 1997, 1998 y 1999.** *Boletín vetiver.* La Red Latinoamericana del Vetiver. James Smyle, Director. Joan Millar, Coordinadora. San José, Costa Rica.
- **RODRIGUEZ P.,O.1999,** Experiencias recientes sobre las aplicaciones del Vetiver en Bioingeniería en el ámbito internacional. Taller de Bioingeniería para la construcción Post Mitch: Experiencia con el uso del vetiver para la protección y estabilización de infraestructura. San Salvador, El Salvador. Julio 1999. Pp:23:32
- **SMYLE, J. 1999.** Experiencia Mundial con el uso del Vetiver para infraestructura, cuenca y uso en la finca. Taller de Bioingeniería para la construcción Post Mitch: Experiencia con el uso del vetiver para la protección y estabilización de infraestructura. San Salvador, El Salvador. Julio 1999. Pp:23:32
- **THOMPSON, L.M. 1974.** El suelo y su fertilidad. Edit. Reverté, S.A. España. Pp: 347-397.