

# Vegetación y estabilidad de laderas

Rodolfo Sancio

## RESUMEN

La vegetación tiene un efecto muy limitado en la estabilidad de laderas, el más importante de los problemas geotécnicos que afectan el urbanismo. Sin embargo, la interacción terreno-vegetación no debe ignorarse so pena de correr el riesgo de desmejorar las condiciones de fundación al tomar medidas erradas con respecto al manejo de las plantas. A tal efecto, se pasa revista a siete efectos recíprocos, con el propósito de analizar su importancia relativa. Al final, se recomienda respetar la vegetación autóctona y, en el caso de reforestar, tomar en cuenta las propiedades más importantes de las plantas.

## ABSTRACT

### Vegetation and the stabilization of slopes

Vegetation has a limited effect on slope stability, a major consideration in urban development. Nonetheless, the ground-vegetation interaction shall not be overlooked because the ground conditions could deteriorate under a wrong action involving forestation. To this effect, a review is made of seven items relative to ground-vegetation interaction. At the end, recommendations are given for the conservation of native plants and expert reforestation.

## DESCRIPTORES

Agua  
Erosión  
Estabilidad de laderas  
Humedad  
Permeabilidad  
Rocas  
Suelos  
Urbanismo  
Vegetación

## INTRODUCCION

La interacción entre la vegetación y la estabilidad de laderas es variada y está sujeta a condiciones que restringen ciertas generalizaciones.

Lo que generalmente se acepta es que la vegetación es reguladora de la atmósfera e impide la erosión. Sin embargo, no es siempre cierto que la vegetación contribuya a la estabilidad de laderas ante movimientos de masa, genéricamente denominados *deslizamientos* y que incluyen rotación y caída de bloques, derrumbes y flujos de barro. Estos constituyen los problemas geotécnicos de mayor influencia en el costo y en la seguridad, tanto de viviendas aisladas como de urbanizaciones (Zuloaga, 1995). En consecuencia, el manejo de la vegetación es uno de los tantos problemas que el urbanista y el arquitecto deben tomar en cuenta en el diseño.

Las posibles influencias de la vegetación en las *masas térreas* (suelos y rocas)<sup>1</sup> con respecto a su movilidad son:

1. Control del contenido de agua en la tierra.
2. *Meteorización* de las rocas (disgregación y descomposición del material rocoso).
3. Acción de anclaje ("soil nailing").
4. Control de la erosión.
5. Interceptación del agua de lluvia por el follaje.
6. Sobrecarga.
7. Acción desestabilizadora del viento.

A continuación, se analiza cada una de estas acciones con el objeto de determinar su importancia, tanto en un proyecto urbanístico como el de una vivienda aislada.

**DESCRIPCION DE LAS INTERACCIONES VEGETACION- TIERRA**

**1. Control del Contenido de Agua en la Tierra**

La presencia de agua, tanto en los suelos como en las rocas, tiene efectos negativos sobre la estabilidad de masa. En los suelos, el agua reduce la resistencia efectiva a la ruptura del material, por debajo del *nivel freático* o de saturación. En las rocas, el agua ejerce presiones intersticiales al llenar grietas, las cuales son desestabilizadoras por encima del nivel freático (figura 1).

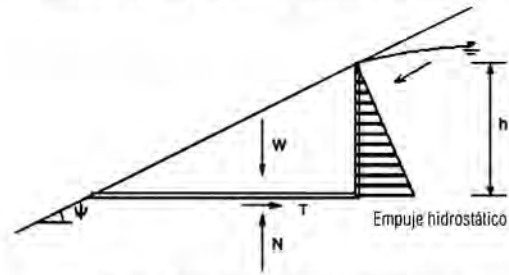
Todas las plantas que desarrollan raíces en la tierra lo hacen para absorber agua. Hay plantas que tienen raíces superficiales, que se extienden hasta por una decena de metros a ras de la superficie; otras, que lo hacen verticalmente, y otras que desarrollan raíces en todas direcciones (figura 2). El que las raíces prefieran una dirección en vez de otra depende de la especie arbórea, la cual ha desarrollado su tipo con base en la disponibilidad de agua. Sin embargo, si una especie tiene raíces superficiales, estas no van a profundizar si no encuentran agua en la superficie. Por lo tanto, los árboles capaces de reducir la humedad de la tierra son aquellos que desarrollan raíces en el material húmedo, valga la perogrullada.

El agua es absorbida por succión por las raíces, transmitida por capilaridad a toda la planta y devuelta a la atmósfera por evapotranspiración (figura 3). Árboles de clima templado como el álamo absorben hasta 55.000 litros por año cada uno. En climas tropicales y subtropicales, el eucalipto y la acacia son los mas activos en esta función (Bertrán y Corredor, 1989). Otros árboles pueden tener las mismas propiedades. El requisito principal es tener raíces profundas, ya que el drenaje es beneficioso solamente si se produce debajo del nivel freático, y es mas eficiente cuanto mas profundo es. En la figura 1 se muestra como, al ser mas alto, el nivel freático puede producir un empuje hidrostático importante, entre otros, mientras que, si se coloca un dren subterráneo, este puede rebajar la mesa freática hasta la profundidad a la cual está colocado. El dren puede ser construido, o puede ser producido por procesos naturales, como lo son el desarrollo de raíces profundas y/o la fracturación y consecuente aumento de la permeabilidad, la cual a su vez aumenta la capacidad de drenar en profundidad.

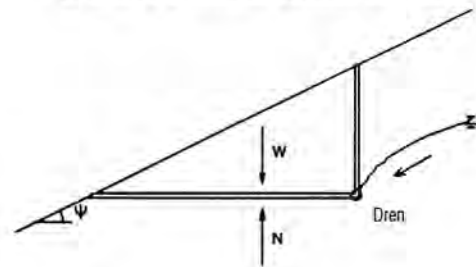
**2. Meteorización**

Una roca se meteoriza al disgregarse y descomponerse por acción de los agentes naturales externos, los cuales incluyen los gases de la atmósfera, el agua natural de precipitación, de escorrentía y subterránea, la vegetación, los animales horadadores, los mamife-

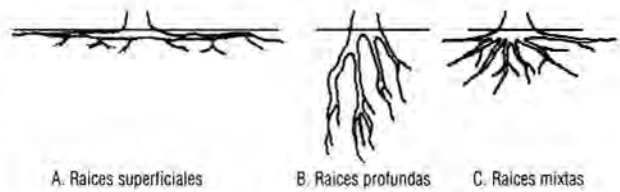
**FIGURA 1**  
**A. GRIETA LLENA DE AGUA, BLOQUE INESTABLE**



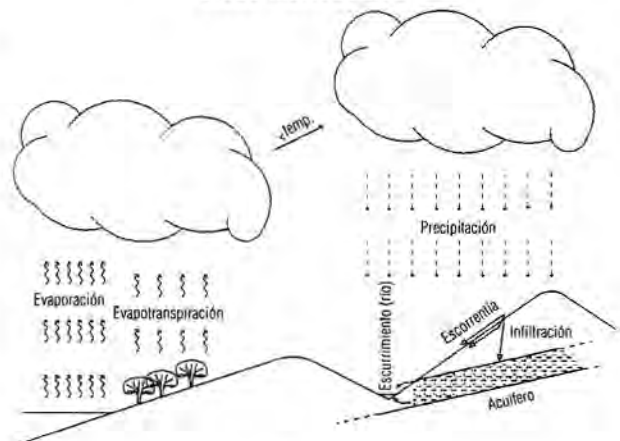
**B. GRIETA DRENADA, BLOQUE ESTABLE**



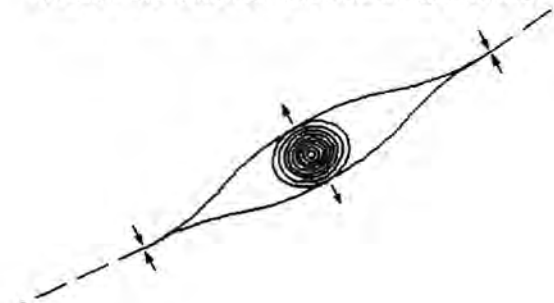
**FIGURA 2**



**FIGURA 3**  
**CICLO HIDROLOGICO**



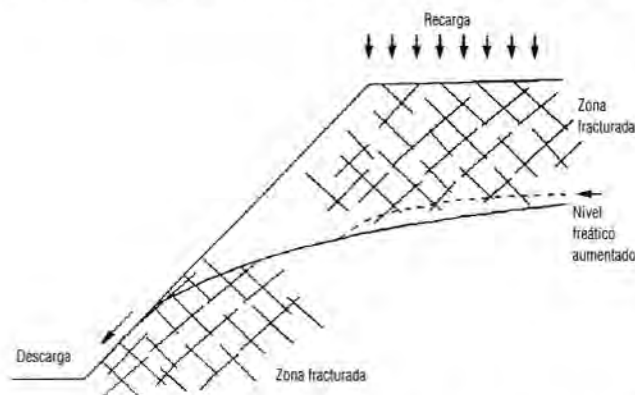
**FIGURA 4**  
**PRESION EJERCIDA POR UNA RAIZ EN UNA GRIETA**



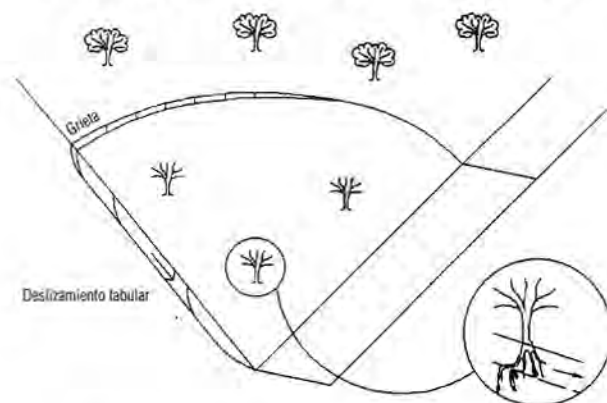
**FIGURA 5**  
**RAICES DE ARBOL CRECIENDO ENTRE FISURAS DE LA ROCA**



**FIGURA 6**  
**EFFECTOS DE LA FRACTURACION SOBRE EL NIVEL FREATICO**



**FIGURA 7**  
**EFFECTO DE UN DESLIZAMIENTO SOBRE LOS ARBOLES**



**FIGURA 8**  
**ARBOLES TORCIDOS E INCLINADOS POR REPTEO DEL TERRENO**



ros unguados desplazados de su ambiente natural, y ciertos micro- organismos.

Limitándonos a nuestro tema específico, los vegetales vivos con raíces profundas pueden penetrar en grietas, separarlas y extenderlas con su crecimiento (figuras 4 y 5), con lo cual aumenta la **permeabilidad secundaria**, generalmente la más importante que tienen las masas rocosas.

El aumento de permeabilidad en una masa rocosa no es necesariamente perjudicial a la estabilidad de sus laderas, siempre y cuando se produzca en el lugar adecuado. En efecto, un aumento de permeabilidad en la zona de **recarga** favorece la infiltración en las parte superiores del talud, donde puede llenar grietas y producir empujes hidrostáticos muy significativos para la estabilidad ante un deslizamiento (Sancio, 1995). Por el contrario, si se incrementa la permeabilidad en la zona de **descarga**, se liberan las presiones intersticiales allí donde es mas importante para la estabilidad (figura 6).

Los vegetales germinan, se desarrollan y mueren, Durante toda su vida y, por supuesto, al morir, dejan caer al suelo hojas, flores, frutos o ramas que, al mezclarse con el suelo y con la debida humedad, producen **humus**, un complejo orgánico que contiene, entre otras sustancias, ácido carbónico, sulfúrico, nítrico y ácidos orgánicos, que descomponen minerales cementantes de la roca, con lo cual disminuyen su cohesión y la hacen mas propensa a ser erosionada. Mientras esta **capa vegetal** permanezca en sitio, protege la roca de la acción erosiva del agua de lluvia y de escorrentía. Si, por el contrario, se elimina, los efectos de la erosión serán mas marcados que los que dieron forma al relieve existente.

Por otra parte, como los suelos son el producto final de la meteorización de las rocas, no son afectados por este proceso.

### 3. Acción de anclaje

Esta acción se produce con la presencia de fibras que refuerzan el terreno al proporcionarle una mayor cohesión. Gray y Leiser (1982) determinaron que la resistencia a la tracción de las raíces de abeto varia entre 100 y 500 kg-f/cm<sup>2</sup>. Esto da una idea de la importante contribución que las raíces podrian aportar en el refuerzo del terreno. Sin embargo, lo anterior depende de la geometría del conjunto, como se muestra en la figura 7. Si las raíces atraviesan superficies de deslizamiento, estarán sujetas a corte mas que a tracción y cederán a tensiones menores. Además, las raíces de un lado de la normal a la superficie o zona de deslizamiento estarán sometidas a compresión. Debido a la tortuosidad y a la esbeltez de las raíces, estas no oponen una resistencia relevante a la compresión. Por

lo tanto, la eficiencia de las raíces como anclaje es pobre.

Si la planta muere, las raíces se pudren y pierden su resistencia por completo. Además, dejan orificios por donde puede penetrar el agua y sustancias deletéreas que profundizarán la meteorización.

Ikeya (1976) menciona unos estudios en Japón según los cuales la vulnerabilidad de las laderas boscosas ante los deslizamientos varía con la edad del bosque y alcanza un máximo a los 15 años, después de los cuales se hace más estable con el tiempo.

#### 4. Control de la erosión

La erosión se produce en superficie, por arranque, levantamiento y transporte de fragmentos de tierra, por acción del viento, del agua y del hielo. En regiones tropicales y sub-tropicales, aún una escasa vegetación es suficiente para evitar la erosión eólica, pero solamente una vegetación tupida evita la erosión por acción del agua de escorrentía. En este caso, el follaje caído protege el suelo y las raíces superficiales proporcionan cohesión en la capa vegetal. Además, si afloran en la superficie, como es el caso del *Ficus sp.* (Matapalo), disipa la energía del agua en movimiento y, por lo tanto, disminuye la acción erosiva.

Por otra parte, se estima que en los terrenos boscosos la infiltración es dos veces mayor que en suelos desnudos (Ikeya, 1976).

#### 5. Interceptación del agua de lluvia por el follaje

Las copas de los árboles no impiden que el agua alcance el suelo, pero ciertamente disipa gran parte de la energía cinética y, por lo tanto, disminuye la capacidad de erosionar. Ikeya (1976) estima que la tasa de interceptación oscila entre 5% y 10% de cada precipitación lluviosa, hasta más de 100 mm, lo que puede representar un 15% de la precipitación anual.

#### 6. Sobrecarga

La sobrecarga, o sea, la presión vertical inducida por el peso de un cuerpo, es perjudicial para la estabilidad de una ladera. Sin embargo, si se toma un promedio de sección de madera igual a 1 m<sup>2</sup>, una altura promedio de 10 metros y un área de influencia de 10 m<sup>2</sup>, la sobrecarga es equivalente a la producida por un terraplén de medio metro de altura. Comparada con otras acciones, beneficiosas o no, el efecto de sobrecarga de la vegetación es insignificante.

#### 7. Acción desestabilizadora del viento

Esta acción se refiere a la fuerza, paralela a la superficie, que se produce por la acción del viento

sobre los árboles. Ciertamente, una fuerza paralela a la superficie de deslizamiento es desestabilizadora, pero sólo si su sentido es hacia el pie de la ladera. La producción de deslizamientos por acción del viento no está suficientemente documentada para ser considerada en el cálculo de la estabilidad de laderas.

Más significativa es la acción del viento sobre los árboles cuando la velocidad es suficiente para producir volcamientos y arranques de raíz. En este caso el suelo queda desprovisto de toda defensa ante la erosión. Este efecto puede cubrir extensiones suficientemente grandes para afectar indirectamente la estabilidad de las laderas (Ikeya, 1976). Este fenómeno se produce también por efecto de un sismo de alta intensidad (> VIII), en cuyo caso las extensiones afectadas son substancialmente mayores. Sergio Mora (1995) reporta la destrucción de 20.000 hectáreas de maderas útiles, con un costo de 200 millones de dólares, por efecto de un terremoto de magnitud 7,45 e intensidad VIII - IX, en 1991.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha pasado revista tanto a los efectos beneficiosos como a los perjudiciales de la vegetación con respecto a la estabilidad de laderas ante deslizamientos.

La conclusión más importante es que la vegetación, aparte de su capacidad reguladora de la atmósfera y mitigadora de la erosión, no es una panacea para reducir el riesgo de deslizamientos. La mejor práctica es conservar la vegetación autóctona, ya que la tala produce la muerte de la planta y, por consiguiente, la descomposición de la raíz, con las consecuencias descritas arriba.

La siembra de árboles debe ser planificada tomando en cuenta la especie más apropiada. Algunas publicaciones son particularmente útiles para ello, por ejemplo, Ewel y Madriz (1968), Gray y Leiser (1982) y Pérez (1956). Además, debe recordarse que las laderas rocosas no se benefician con la siembra de nuevos árboles, a menos que se haga al pie del talud.

Aún más importante es el hecho de que las raíces no tienen acción estabilizante alguna en un deslizamiento activo, porque por encima de las superficies de deslizamiento no tienen efecto alguno, y si las atraviesan, son cortadas, con lo cual se produce la muerte del árbol y la eliminación de otras acciones beneficiosas. La figura 7 muestra, esquemáticamente, como los árboles incluidos en el área de un deslizamiento superficial (*tabular*), se secan y mueren porque sus raíces son cortadas por la acción de cizalla de la masa en movimiento sobre la superficie de deslizamiento.

Es significativo observar como la acción estabilizadora de la vegetación brilla por su ausencia en libros

especializados en control de erosión y deslizamientos (cf. Suárez 1993, U. S. Bureau of Reclamation 1960, U. S. Highways Research Board 1958, Záruba y Mencl 1969), o es tratado someramente (Ikeia, 1967).

#### Agradecimientos

El autor agradece a las Profesoras Teolinda Bollvar e Iris Rosas, y al Ingeniero Luis Miguel Suárez, por la revisión crítica de este artículo. El artículo ha sido ampliado y corregido sustancialmente como consecuencia del aporte de los anteriormente mencionados.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELTRAN, L. y CORREDOR, A. (1989). *El uso de la vegetación en la estabilidad de taludes*. Memorias I Simposio Suramericano de Deslizamientos, Paipa (Colombia). Edit. Com. Colombiana de Deslizamientos, Bogotá. Vol. I, pp. 411 - 432.
- EWEL, J. J. y MADRIZ, A. (1968). *Zonas de vida de Venezuela*. Ministerio de Agricultura y Cría, Caracas. 265 pp.
- GRAY, D. H. y LEISER, A. T. (1982). *Biotechnical Slope Protection and Erosion Control*. Van Nostrand Reinhold Co., Nueva York.
- HIGHWAY RESEARCH BOARD (1958). *Landslides and Engineering Practice*. Special Report 29, Committee on Landslide Investigations, Edwin B. Eckel Ed. Washington. 232 pp.
- IKEYA, H. (1967). *Introduction to Sabo Works*. The Japan Sabo Association, Tokio. 168 pp.
- MORA, S. (1995). *El impacto de las amenazas naturales sobre la generación, transmisión y distribución eléctrica de Costa Rica*. I Taller Latinoamericano para la Reducción de los Desastres Naturales sobre la Infraestructura del Sector Energía, San José. pp. 29 - 43.
- PEREZ, E. (1956). *Plantas útiles de Colombia*. Suc. de Rivadeneira - Libr. Colombiana Camacho Roldán. Madrid y Bogotá.
- SALCEDO, D. y SANCIO, R. (1989). *Guía simplificada para identificación de problemas geotécnicos en desarrollos urbanos*. Publ. Lagoven, Filial de PDVSA, Caracas. 25 pp.
- SANCIO, R. (1995). *Elementos de Hidrología y Geohidrología*. Memorias del I Curso Suram. de Movimientos de Masas. Publ. Soc. Ven. de Geotecnia, Caracas. 45 pp.
- SUÁREZ, L. M. (1993). *Presas de corrección de torrentes y retención de sedimentos*. Min. del Ambiente y de los Rec. Nat. Ren., Caracas.
- U. S. BUREAU OF RECLAMATION (1960). *Design of Small Dams*. U. S. Government Printing Office, Washington. 611 pp.
- ZARUBA, Q. y MENCL, V. (1969). *Landslides and their Control*. Elsevier, Amsterdam. 202 pp.
- ZULOAGA, I. (1995). *Venezuela: Estimación de pérdidas económicas a consecuencia de los riesgos geológicos*. I Jorn. Ven. de Ing. Civ., Caracas. 7 pp.



Ministerio del Desarrollo Urbano  
**Consejo Nacional de la Vivienda**

### **A Investigadores, especialistas y estudiantes**

Se informa que fue creada y está en funcionamiento la Base de Datos Automatizada de Investigación en Vivienda y Desarrollo Urbano, la cual registra información sobre los siguientes aspectos:

- Centros nacionales de investigación que realizan, financian, promueven investigación y/o suministran información en el área de vivienda y desarrollo urbano.
- Especialistas del país dedicados a la investigación en el sector.
- Proyectos nacionales de investigación en vivienda y desarrollo urbano realizados o en proceso de desarrollo, en Venezuela.

### **Objetivos de la Base de Datos:**

- Disponer de información actualizada acerca de lo que se hace en el país en investigación en vivienda y desarrollo urbano, quiénes lo hacen y cuáles organismos se ocupan sistemáticamente de esta materia.
- Establecer criterios internos, en el CONAVI, para determinar áreas prioritarias de investigación y financiamiento de proyectos.
- Ofrecer información especializada a investigadores y al sector académico sobre investigación en vivienda y desarrollo urbano.
- Intercambiar información con centros de investigación e información en el área, para apoyar el proceso investigativo en el país.
- Contribuir al intercambio de conocimientos y experiencias que faciliten la toma de decisiones en materia habitacional.

*Se invita a investigadores, especialistas y estudiantes que realicen o hayan realizado, proyectos sobre la materia mencionada, a consignar sus datos para ser incluidos en la Base de Datos Automatizada. Gerencia de Investigación, Consejo Nacional de la Vivienda, Torre Oeste, Mezzanina 2, Parque Central, Caracas, D.F. Venezuela. Teléfonos: directo 571.6267. Central: 571.1222 - 576.4322 ext. 2042. Fax: 571.7967*

**BASE DE DATOS  
AUTOMATIZADA DE INVESTIGACION  
EN VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO**



**F I M A**

Fundación para  
el Mantenimiento  
de la Infraestructura  
Médico-Asistencial



Ministerio de  
Sanidad y  
Asistencia  
Social

## **Mantener en crisis**

El 28 de octubre de 1987 se creó la Fundación para el Mantenimiento de la Infraestructura Médico-Asistencial (FIMA), con un presupuesto de 115 millones de bolívares para atender las necesidades de mantenimiento, dotación y equipamiento de las instalaciones hospitalarias.

Casi una década después, el sector salud, al igual que otros, sufre las consecuencias de la crisis económica por la que atraviesa el país, y es en este panorama, con un exiguo presupuesto de inversión de 2.600 millones de bolívares, que FIMA debe atender el mantenimiento de la infraestructura de 350 centros asistenciales entre hospitales, ambulatorios y otras instituciones sanitarias de Venezuela, ya convulsionadas por necesidades no inherentes a las labores de FIMA (exigencias laborales, insumos, presupuestos deficitarios, entre otros), pero que hacen su tarea más compleja.

Hoy nos encontramos ejecutando obras que, por pequeñas que parezcan, requieren inversiones millonarias que sobrepasan el presupuesto de la Fundación, y exigen la participación colectiva de los ciudadanos en la preservación y el cuidado de los trabajos realizados; del sector privado en su aporte al mejoramiento de los centros asistenciales y del Estado en la optimización de los recursos destinados a este fin. Se trata de sumar la voluntad de todos, porque el mantenimiento es un reto para la salud pública del país.

**Mantener es un reto... depende de todos**