

En español

Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización

Claudia Díaz Mendoza¹

RESUMEN

El comportamiento del hombre con relación al mal uso de los suelos tiene efectos negativos sobre este recurso, generando la pérdida de fertilidad de estos y procesos de degradación y desertificación, lo cual repercute directamente en la disminución y el deterioro de los recursos hídricos, la erosión y el cambio de las condiciones climáticas hacia condiciones más secas². Últimamente se ha evidenciado cómo el recurso suelo en nuestro país ha sufrido un deterioro gradual, generado por fenómenos de erosión y de remoción de masas producidos por diversos factores, entre los cuales encontramos la erosión física y química, sumado a eventos negativos como el cambio climático y la sedimentación de los ríos, lo cual supone un impacto negativo en el ambiente. Entre los más importantes problemas ambientales —cambios, alteraciones y amenazas— que están afectando a los geoecosistemas de las regiones mediterráneas áridas, semiáridas y subhúmedas secas a comienzos del tercer milenio, la erosión del suelo y la desertificación constituyen los de mayor extensión espacial e incidencia ambiental y económica; adicional a ello, el cambio global puede exacerbarlos (Ingram *et al.*, 1996; Williams *et al.*, 1996). En vista de la problemática ambiental expuesta se debe buscar realizar procesos de recuperación de la cobertura vegetal del suelo e implementar medidas de control y mitigación de la erosión mediante el uso de mecanismos que en lo posible sean lo más natural posible y no induzcan nuevos impactos ambientales. Por lo tanto, en la presente revisión bibliográfica se documenta el estado del arte de las alternativas que se están manejando en bioingeniería para el control de la erosión.

Palabras clave: compostaje, erosión, geosintéticos, mezcla fértil, revegetalización.

Recibido: marzo 5 de 2010
Aceptado: noviembre 24 de 2010

Conceptos básicos de erosión

La erosión comprende el desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales de suelo o roca por acción de la fuerza de un fluido en movimiento; puede ser generada tanto por el agua como por el viento (Suárez, 1998)³.

¹Ing. en Ingeniería civil. Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Máster en Gestión y Auditoría Ambiental (en trámite). Grupo de Investigaciones GIA, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. ing.claudia.diaz@gmail.com
²Cortés Lombana, Abdón, *Suelos colombianos: una mirada desde la Academia*, s. d.

³Suárez, Jaime, *Estabilidad de taludes y deslizamientos*, s. d.

In English

Alternatives for erosion control by using conventional coverage, non-conventional coverage and revegetation

Claudia Díaz Mendoza²

ABSTRACT

Humankind's unsustainable behaviour regarding land-use has negative effects on the environment, leading to loss of fertility and degradation and desertification; this has a direct impact on the decline and deterioration of water resources, soil erosion and thus changes in the weather leading to drier conditions. The foregoing are caused by the misuse of soil². The way soil resources have suffered gradual deterioration has become evident in Colombia during recent years; this has been produced by erosion and the removal of mass caused by various factors including physical and chemical erosion. All the above, together with negative events such as global climate change and the sedimentation of rivers, means a negative environmental impact.

Soil erosion and desertification are major environmental issues regarding disturbances and threats affecting the arid, semiarid and dry sub-humid Mediterranean region's geo-ecosystems in the third millennium; additionally, economic global change may exacerbate such problems (Ingram *et al.*, 1996; Williams *et al.*, 1996).

Regarding soil deterioration, soil vegetation cover and erosion control and mitigation measures should be introduced by using mechanisms which should be as natural as possible and do not induce fresh impacts on the environment. This literature review has thus documented the state of the art regarding several alternatives for erosion control currently involving bioengineering.

Keywords: composting, erosion, fertile mix, geosynthetics, revegetation.

Received: March 5th 2010
Accepted: November 24th 2010

Basic erosion concepts

Erosion includes the detachment, transport and subsequent deposit of soil or rock by the action of the force of a moving fluid. Erosion can be generated by both water and wind (Suárez, 1998)³.

²Civil Engineer. Specialist in Sanitary and Environmental Engineering. Master in Environmental Management and Audit (pending). Researchgroup GIA, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. ing.claudia.diaz@gmail.com
³Cortés Lombana, Abdón, *Suelos colombianos: una mirada desde la Academia*, s. d.

³Suárez, Jaime, *Estabilidad de taludes y deslizamientos*, s. d.

La erosión y la desertificación son fenómenos ligados a unas condiciones climáticas específicas, generalmente épocas secas, y adicionalmente se asocian a cambios fisicoquímicos del suelo, inducidos por actividades humanas inadecuadas. La degradación del suelo afecta la calidad de la cobertura vegetal y la calidad del agua, además de comprometer el potencial biológico y el desarrollo sostenible de los geosistemas asociados.

La erosión del suelo es una forma severa de degradación física; se estima que cerca del 80% de la tierra agrícola en el mundo sufre erosión moderada a severa y el 10% erosión ligera a moderada (Lal y Stewart, 1995). El 40% del territorio colombiano presenta erosión de ligera a severa y la zona andina es la más afectada, con el 88% del área en estado de erosión hídrica (Olmos y Montenegro, 1987)⁴.

La intensidad de erosión en la línea de costa es la extensión anual medida en kilómetros de línea de costa que entra en desequilibrio y comienza a sufrir procesos de erosión litoral. Este indicador representa los efectos de la actividad natural y antrópica sobre el equilibrio dinámico de la línea de costa, el cual, al ser alterado, puede desencadenar procesos de erosión o acreción del litoral, el avance o retroceso de la línea de costa y las variaciones de la dinámica marina por cambios naturales o inducidos ("Intensidad de erosión de la línea de costa del sector central del litoral caribe colombiano", enero de 1996)⁵.

Los tipos de erosión y las características de cada uno de los agentes erosivos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de erosión y sus características. Fuente: elaboración propia; información: Suárez, J., 1998.

Tipo de erosión	Características
Erosión por el viento	El movimiento del viento ejerce fuerzas de fricción y levantamiento sobre las partículas de suelo, desprendiéndolas, transportándolas y depositándolas.
Erosión por gotas de lluvia	Cuando las gotas de agua impactan el suelo desnudo pueden soltar y mover las partículas a distancias realmente sorprendentes.
Erosión laminar	Las corrientes superficiales de agua pueden producir el desprendimiento de las capas más superficiales de suelo en un sistema de erosión por capas que se profundizan.
Erosión en surcos	La concentración del flujo en pequeños canales o rugosidades hace que se profundicen estos pequeños canales formando una serie de surcos generalmente semiparalelos.
Erosión por afloramiento de agua	El agua subterránea al aflorar a la superficie puede desprender las partículas de suelos subsuperficiales, formando cárcavas o cavernas.
Erosión interna	El flujo de agua a través del suelo puede transportar partículas, formando cavernas dentro de la tierra.
Erosión en cárcavas	Los surcos pueden profundizarse formando canales profundos, o la concentración en un sitio determinado de una corriente de agua importante puede generar canales largos y profundos llamados cárcavas. Una vez se inicie la cárcava, es muy difícil de suspender el proceso erosivo.
Erosión en cauces de agua	(Erosión lateral y profundización). La fuerza tractiva del agua en las corrientes y ríos produce ampliación lateral de los cauces, así como profundización y dinámica general de la corriente.
Erosión por oleaje	Las fuerzas de las olas al ascender y descender por la superficie del suelo producen el desprendimiento y el transporte de partículas.
Erosión en masa	(Deslizamientos). El término erosión o remoción en masa se relaciona con movimientos de masas importantes de suelo, conocido con el nombre genérico de deslizamientos.

⁴Rivera P., José Horacio; Sinisterra R., Juan Armando; Calle D., Zoraida, *Restauración ecológica de suelos degradados por erosión en cárcavas en el enclave xerofítico de Dagua, Valle del Cauca, Colombia*, s. d.

⁵Cfr. www.Ideam.gov.co, consulta realizada el 8 de marzo de 2010.

Erosion and desertification are associated with specific climatic conditions, usually dry seasons; they are also associated with physical-chemical changes in soil induced by unsuitable human activities. Land degradation affects the quality of vegetation cover, water quality, compromises biological potential and affects particular geo-systems' sustainable development.

Soil erosion is a severe form of physical degradation; it is estimated that about 80% of agricultural land around the world suffers moderate to severe erosion and 10% mild to moderate erosion (Lal & Stewart, 1995); 40% of Colombia suffers mild to severe erosion and the Andean region is the most affected, 88% of the area being affected by water erosion (Olmos & Montenegro, 1987)⁴.

Shoreline erosion intensity is the annual extension (measured in kilometres) of coastline suffering imbalance and beginning to suffer coastal erosion. This indicator represents the effects of natural and anthropogenic activity on a particular coastline's dynamic equilibrium which, when being altered, could trigger erosion or accretion of the coast, coastline advance or retreat and variations in marine dynamics by natural and/or induced changes (current erosion of the coastline of the central sector of the Colombian Caribbean coast, January 1996)⁵.

Table 1 shows the types of erosion and relevant characteristics.

Table 1. Types of erosion and pertinent characteristics. Source: author, based on Suárez J (1998)

Type of erosion	Characteristics
Wind erosion	wind movement exerts frictional forces and lift on soil particles, detaching and transporting them to be deposited in other places
Rainfall erosion	The force of rain drops falling on bare soil can release and move particles to truly amazing distances away
Laminar erosion	Surface water flows may cause the detachment of soil upper layers and form an erosion system in which layers become progressively deepened
Rill erosion	Concentration of flow in small channels or ridges causes them to deepen; such small channels form a semi-parallel series of grooves
Groundwater upwelling erosion	Groundwater rising to the surface can dislodge soil particles, forming gullies or subsurface caverns
Internal erosion	Water flow through soil transports particles, forming internal caverns within the earth
Gully erosion	Grooves can become deepened, forming deep channels or water concentration at a given site in a major stream, forming long, deep channels (so-called gullies). Once a gully has started, it is very difficult to stop the erosion
Waterway erosion	Lateral erosion and deepening. The tractive force of water in streams and rivers produces channels' lateral extension, depth and overall dynamics concerning a particular stream
Wave Erosion	The forces inherent in wave motion produce particle detachment and transport
Mass Erosion	Landslides. The term erosion or landslide is related to the mass movement of soil

⁴Rivera P., José Horacio; Sinisterra R., Juan Armando; Calle D., Zoraida, *Restauración ecológica de suelos degradados por erosión en cárcavas en el enclave xerofítico de Dagua, Valle del Cauca, Colombia*, s. d.

⁵Cfr. www.Ideam.gov.co, consulted on 08/03/2010.

En español

En la actualidad se busca encontrar alternativas para el control de la erosión y estabilización de suelos y se sabe que la revegetación controla la erosión en cárcavas al incrementar la infiltración y reducir la escorrentía. La vegetación ofrece protección física al suelo frente al impacto de la lluvia y la escorrentía y reduce la velocidad del agua al aumentar la resistencia hidráulica del terreno, por lo tanto, disminuye la capacidad erosiva del agua. Si la velocidad se ha reducido lo suficiente, se sedimenta una parte de los materiales arrastrados y a partir de este momento se empieza a regenerar la vegetación natural (Hudson, 1982). El crecimiento de gramíneas reduce la escorrentía del 50 al 60% y las pérdidas de suelo por erosión del 60 al 80% (Morgan, 1986).

Sistemas de control de la erosión

Entre las tecnologías utilizadas para el control de la erosión se encuentran la bioingeniería, especialmente utilizando pastos, vetiver, bambú o guadua y árboles; las obras de manejo de aguas de escorrentía, cortacorrientes, canales revestidos en piedra y en concreto, torrenteras; barreras de vegetación, colocación de suelos orgánicos, revegetación con tela de fibra de cabuya (fique); utilización de bambú con malla metálica; los "trinchos"; los taludes reforzados con geotextiles; los gaviones de piedra y con bolsas de arena; el bolsacreto y los exápodos de concreto armado. La mayoría de las tecnologías utilizadas en Colombia son adaptaciones locales.⁵ Los principios de ingeniería para el control de la erosión son básicos, siendo la vegetación uno de los mejores materiales naturales para el control de erosión; sin embargo, los geosintéticos fabricados y comercializados para aplicaciones en control de la erosión han variado significativamente el concepto de control de erosión en la última década. El problema de la retención del suelo, la protección, la revegetación y el refuerzo de césped puede ser resuelto con muchos materiales, tanto orgánicos como sintéticos, con propiedades específicas que deben tenerse en cuenta para lograr un rendimiento adecuado (Carroll *et al.*, 1992).

A los geosintéticos se les define como "textiles permeables utilizados en relación con el suelo, la fundación, roca, tierra o cualquier ingeniería geotécnica" (John, 1987). Los geosintéticos usados en el control de la erosión son hechos con materiales naturales o sintéticos, incluyendo coco, sisal, paja de cereales, nylon, hojas de palma, polipropileno, poliéster y polietileno (Rickson, 2006). La longevidad de los geotextiles depende de varios factores externos, como el efecto de los rayos ultravioleta (UV) y la degradación debido a la temperatura al agua. La energía de los fotones puede ser mayor o igual que la fuerza de química —los vínculos entre los polímeros— y, en consecuencia, se pueden romper las fibras o producir degradación (Khanna, 2005).

Los cambios de temperaturas estacionales y diurnas, el ambiente y los cambios bruscos de temperatura, afectan el estrés características de las cepas de geotextiles y reducen su eficiencia por la inducción de "desgaste" en las fibras. Según Hsuan y Koerner (1993), las altas temperaturas aceleran todos los mecanismos de degradación de polímeros. Durante las fuertes lluvias la tensión muy alta puede causar desgaste mecánico sobre la manta. Sin embargo, el efecto del agua es menor que la luz UV y los cambios cíclicos de temperatura (Khanna, 2005).

Los geosintéticos pueden desempeñar un papel importante y

⁵Suárez, Jaime, *op. cit.*

In English

Erosion control and soil stabilisation alternatives are being sought nowadays. It is known that revegetation controls gully erosion by increasing infiltration and reducing run-off. The vegetation physically protects soil from the impact of rainfall and run-off and reduces water flow speed by increasing the ground's hydraulic resistance, thereby decreasing water's erosive effect. If flow speed can be reduced enough, it leads to the settling of some of the material being carried away; natural vegetation can then become regenerated (Hudson, 1982). Growing grass slows run-off from 50% to 60% and soil loss by erosion from 60% to 80% (Morgan, 1986).

Erosion control systems

Bioengineering erosion control would include the use of grasses, vetiver grass, bamboo or guadua and trees, run-off management, circuit breakers, stone-lined and concrete channels, gullies, vegetation barriers, revegetation with sisal fibre cloth (fique), using bamboo with metal mesh, organic soil placement, forks, slopes reinforced with geofabrics, stone gabions and sandbags, bags of concrete and reinforced concrete hexapods. Most technologies used in Colombia are local adaptations.⁵ The principles of engineering erosion control are basic; vegetation is one of the best natural materials for erosion control but geomanufactured and marketed synthetic applications for erosion control have significantly changed the concept during the last decade. The problem of soil conservation, protection, revegetation and turf reinforcement can be resolved by using many organic and synthetic materials having specific properties which must be met for achieving suitable performance (Carroll *et al.*, 1992).

Geosynthetics are defined as, "permeable fabric used in connection with the ground, foundation, rock, soil or geotechnical engineering" (John, 1987). The geosynthetics used in erosion control are made of natural or synthetic materials, including coconut, sisal, cereal straw, nylon, palm leaves, polypropylene, polyester and polyethylene (Rickson, 2006). Geotextiles' longevity depends on several external facts such as the effect of ultraviolet (UV) degradation due to water temperature. Photon energy can thus be greater than or equal to the strength of chemical bonds between polymers and therefore can break fibres or result in degradation (Khanna, 2005).

Changes in seasonal and daytime temperatures, the atmosphere and dramatic temperature changes affect the characteristics of geotextiles strains and reduce their efficiency by inducing fibre wear. High temperatures accelerate all polymer degradation mechanisms according to Hsuan and Koerner (1993). High tension can cause mechanical wear on the surface during heavy rains; however, the effect of water is less than UV light and cyclic temperature changes (Khanna, 2005).

Geosynthetics can play a vital role in the protection, mitigation

⁵Suárez, Jaime, *op. cit.*

vital en la protección, mitigación y rehabilitación de las áreas afectadas en zonas costeras. Se han utilizado ampliamente en hidráulica y en la ingeniería geotécnica durante las últimas dos o tres décadas y su uso está bien establecido para los fines de la separación de materiales y filtros y el control de la erosión (Faure *et al.*; 2006; Liu y Chu, 2006).

El análisis para control de erosión se realiza con diversos tipos de materiales debido a considerarse que la revegetalización es un proceso muy lento, ya que puede durar cientos de años. Como resultado, la revegetalización natural no se considera aceptable como una estrategia de restauración (Cullen *et al.*, 1998). Respecto del restablecimiento de la vegetación artificial, varios métodos han sido ampliamente utilizados para rehabilitar el paisaje de laderas rocosas (Petersen *et al.*, 2004). Actualmente muchos de los proyectos de restauración se han adelantado pero sin el aporte científico adecuado debido a la falta de información y conocimientos sobre las especies vegetales, y sobre el crecimiento y las condiciones naturales de la pendiente del suelo a revegetalizar (Shu *et al.*, 2003).

En la actualidad existen prácticas, materiales y soluciones que buscan controlar o redimir la erosión del suelo causada por la lluvia, el viento, la escorrentía y la gravedad. Una de estas soluciones la representan los productos enrollables para el control de la erosión llamados *rolled erosion control products* (RECP, por sus siglas en inglés). La recuperación de la cobertura vegetal en terrenos inclinados con escaso material orgánico requiere del uso de productos que protejan el suelo fértil y aporten condiciones favorables a la implantación de nueva vegetación⁶.

La variedad de materiales usados en las aplicaciones para el control de erosión han tenido como principios la paja y el material orgánico y muchos de los diseños utilizados buscan retener el suelo en el sitio y facilitar el restablecimiento de la vegetación. Hoy en día se han introducido otras categorías de productos para el control de erosión específica, haciendo que estos productos sean más económicos, técnicamente viables y armónicos ambientalmente. Se han reportado casos de pendientes degradadas en extremo que han sido sometidas a proceso de revegetación de los ecosistemas donde la colonización de especies vegetales de forma natural ha sido un proceso difícil y lento, pero también, al revisar un proceso artificial, ha resultado ser complicado y costoso (Yuan *et al.*, 2006).

Entre los sistemas de control implementados para el control de la erosión se pueden mencionar los siguientes:

Cubiertas orgánicas convencionales y no convencionales

Durante miles de años se han utilizado distintos tipos de cubiertas orgánicas para proteger a las semillas y el suelo de las fuerzas erosivas y acelerar la fijación de la vegetación. Los beneficios de estas incluyen:

- Ayudar en la estabilización del suelo, reduciendo inmediatamente la erosión producida por el viento y el agua.
- Reducir las fluctuaciones en las temperaturas del suelo para fomentar una rápida germinación de las semillas y un menor estrés por temperatura sobre las plántulas.
- Retener la humedad del almácigo con la finalidad de obtener

⁶Geomatrix, Manto para control de erosión y revegetalización Biotex, s. d.

and rehabilitation of affected coastal areas. Geosynthetics have been widely used in hydraulic and geotechnical engineering during the last two or three decades. Its use has been well-established for the purpose of material separation and erosion control filters (Faure *et al.*, 2006; Liu and Chu, 2006).

Analysis must involve using different types of materials to control erosion because it is considered that revegetation is a slow process which may last hundreds of years; natural revegetation is thus not considered acceptable as a restoration strategy (Cullen *et al.*, 1998). Regarding artificial revegetation, several methods have been widely used to rehabilitate the landscape of rocky slopes (Petersen *et al.*, 2004). Many restoration projects have been undertaken to date; however, they have usually lacked the proper scientific contribution due to a lack of information and knowledge regarding plant species, growth and the natural conditions of a particular soil slope to be treated (Shu *et al.*, 2003).

Current practices, materials and solutions seek to control or recuperate soil erosion caused by rain, wind, run-off and/or gravity; rolled erosion control products (RECP) is one such solution. The recovery of vegetation on slopes having with little organic material requires the use of products protecting the fertile soil and providing favourable conditions for new vegetation to become established.⁶

Many traditional erosion control applications have been based on straw and organic material; many designs seek to capture and hold soil in place and facilitate revegetation. Other product categories have been introduced today for specific erosion control, making such products more affordable, technically feasible and environmentally harmonious. Some reports regarding extremely degraded steep slopes have dealt with ecosystem revegetation where natural colonisation of plant species has been a difficult and slow process and has proved to be a complicated and expensive matter (Yuan *et al.*, 2006).

The following control systems for erosion control may be mentioned.

Organic conventional and non-conventional coverage

Different types of mulch have been used for thousands of years to protect seeds and soil from erosive forces and accelerate vegetation establishment. Their benefits would include:

- Assisting in stabilising the soil, immediately reducing erosion produced by wind and water;
- Reducing fluctuations in soil temperatures to promote rapid seed germination and lower temperature stress on seedlings;
- Retaining moisture in a seedbed for rapid seed germination and

⁶Geomatrix, Manto para control de erosión y revegetalización Biotex, s. d.

En español

In English

una rápida germinación de las semillas y crecimiento de las plantas.

-Transformar estas cubiertas en materia orgánica valiosa que se incorpora al suelo para otorgar humedad a largo plazo y brindar, al mismo tiempo, buena retención de nutrientes a la planta.

Entre las cubiertas orgánicas convencionales se encuentran:

Revestimiento orgánico suelto

La paja y el heno son los materiales más utilizados como revestimiento orgánico. La paja suelta y las fibras de heno, sin embargo, deben tener la longitud suficiente, de 10 a 20 centímetros, para entrelazarse y poder así ofrecer el efecto máximo deseado. Entre mayor sea la longitud de la fibra del residuo orgánico, más efectivo es al brindar estos beneficios. En terrenos que van de llanura a pendiente suave se aplica generalmente una cubierta orgánica seca, a máquina, con una tasa de 3.370 a 4.490 kg/ha (1,5 - 2,0 toneladas/acre) y se la incorpora al suelo utilizando discos de cuchilla de arado desafilados que se conocen como *crimpers*.

Fijadores (tackifiers)

A medida que aumenta el ángulo de la pendiente las técnicas de disqueado se reemplazan por la utilización de *sprays* viscosos que se usan para fijar las fibras de residuo orgánico a sí mismas y al suelo. Estos *sprays*, llamados fijadores (*tackifiers*) están generalmente compuestos por emulsiones asfálticas, destilados de agua, *psyllium* y alginato de sodio. La cantidad de fijador aplicado varía con relación al tipo de producto, la severidad de las condiciones del lugar, el clima y la duración deseada de la aplicación.

Entre las cubiertas no convencionales se encuentran:

Productos en rollo para el control de la erosión

A fines de los años sesenta los fabricantes, enfrentados con la limitación de las técnicas de revestimientos orgánicos convencionales, iniciaron el desarrollo de lo que se ha transformado en un grupo de productos conocidos como RECP (productos en rollo para el control de la erosión). Esta categoría está compuesta por prefabricados como: redes para la retención de residuos orgánicos, geotextiles de malla abierta, revestimientos para el control de la erosión y mantas de refuerzo de la vegetación. El uso de esta creciente familia de materiales, fabricados con viruta de madera, paja, yute, fibra de coco, poliolefinas, PVC y nylon, permite a los diseñadores incorporar la superioridad de los revestimientos orgánicos de fibra larga con la resistencia a la tracción de las mallas y los geotextiles dimensionalmente estables. El ECTC (Consejo de Tecnología y Control de la Erosión de Estados Unidos) ha desarrollado una terminología estándar para estos productos, la cual se presenta a continuación:

1. Red para el control de revestimientos orgánicos (Mulch-control netting, MCN)

La definición oficial del ECTC es: "fibra tejida plana, natural o de malla geosintética extrusada, utilizada como RECP temporario y degradable para anclar cubiertas orgánicas sueltas". Este producto está formado por fibras bidimensionales tejidas o mallas con un proceso geosintético, de orientación biaxial, utilizadas para

plant growth; and

-Transforming such cover into valuable organic matter incorporated in the soil to provide long-term moisture and good nutrient retention for plants.

The following could be noted regarding conventional organic coverage:

Dissolved organic coating

Straw and hay are the most widely used organic coating materials. Loose straw and hay fibres however must have sufficient length (10 to 20 centimetres) to be woven and offer the maximum desired effect; the longer the organic residue fibre length, the more effective it is in providing benefits. A dry mulch is usually machine spread on fields ranging from plains to gently sloping land at of 3,370 to 4,490 kg /ha (1.5-2.0 tons/acre); it is ploughed into the soil using dull crimped-centre disc blades.

Clamps (tackifiers)

As slope angle increases, disk techniques are replaced by using viscous sprays to bind organic residues, fibres and soil together. These sprays, which are called binders (tackifiers) usually consist of asphalt emulsions, water distillates, psyllium and sodium alginate. The amount of binder applied varies according to the kind of product, the severity of site conditions, climate and desired application duration.

The following could be noted concerning non-conventional coverage:

Rolled erosion control products (RECP)

When manufacturers were faced by limited conventional organic coating techniques in the late 1960s, then they began developing what has become a diverse group of products known as rolled erosion control products (RECP). This category consists of preformed products, such as organic waste retention networks, open-mesh geotextiles, erosion control coatings and vegetation reinforcement mats. Using this growing family of materials made from woodchips, straw, jute, coir, polyolefins, PVC and nylon has led to designers incorporating long-staple organic coatings' superiority with meshes and dimensionally-stable geotextiles' tensile strength. The US Erosion Control and Technology Council (ECTC) has developed standard terminology for these products, which is presented below:

1) Mulch-control netting (MCN)

The ECTC's official definition is, "a flat-woven fiber, natural or extruded geosynthetic mesh used as temporary and degradable RECP to anchor loose mulches." This product consists of two woven or mesh dimensional fibres having been submitted to a biaxial geosynthetic process used to fasten loose fibre mulch on

sujetar una cubierta orgánica de fibra suelta del tipo de la paja o el heno. Las redes para el control de revestimientos orgánicos (MCN) se despliegan sobre el área sembrada y cubierta de residuos orgánicos y se fijan con grapas o estacas. Debido a que no están adheridas o cosidas al residuo orgánico, estas mallas no brindan el mismo grado de integridad estructural que ofrecen los revestimientos prefabricados para el control de la erosión.

2. Telas de trama abierta (*Open-weave textile, OWT*)

La definición oficial del ECTC es: "Un RECP temporario y degradable, compuesto por hilos naturales procesados o de polímeros, entrelazados con un aglutinante que se utiliza en el control de la erosión y facilita el arraigo de la vegetación". Las telas de trama abierta son hilos de poliolefina procesados y moldeados en una matriz 2-D. El tejido tupido de estos materiales les permite brindar un control de la erosión con o sin la utilización de una capa subyacente de revestimiento orgánico. Además, estas mallas despliegan típicamente una mayor resistencia a la tracción que la mayoría de las mencionadas. Las OWT se emplean generalmente en lugares donde se requiere mayor tracción, como por ejemplo pendientes empinadas, o como capa de refuerzo para el césped. Las OWT también se indican como posibilidad de revestimiento protector en pendientes reforzadas con geosintéticos en instalaciones de bioingeniería, especialmente en lugares donde se utilizan plantas de tallo duro como material estabilizador natural.

3. Revestimientos para el control de la erosión (*erosion-control blankets, ECB*)

La definición oficial de ECTC es la de "un RECP temporario y degradable, formado por fibras procesadas naturales o de polímeros, ligadas mecánica, estructural o químicamente para formar un aglutinante continuo para el control de la erosión y la agilización del proceso de fijación de la vegetación". Los revestimientos en el control de la erosión están formados por varias fibras orgánicas/sintéticas degradables tejidas, pegadas o estructuralmente adheridas con mallas. Los más utilizados están hechos de paja, virutas de madera, coco, polipropileno, o una combinación de estos, cosidos o pegados dentro o entre las mallas procesadas con orientación biaxial o en mallas de fibra natural tejida. La duración funcional de los ECB puede ser modificada a los fines de poder así adaptarse a los requerimientos específicos del lugar. Algunos ECB están diseñados para durar menos de tres meses en lugares con mucho mantenimiento, que se cortan inmediatamente después de que el césped se haya arraigado, mientras que otros están diseñados para brindar una protección más duradera en aplicaciones que requieran una protección contra la erosión de hasta tres años.

4. Manto de refuerzo de la vegetación (*Turf Reinforcement Mat, TRM*)

La definición oficial del ECTC es: "Un RECP permanente, compuesto por fibras sintéticas no degradables, filamentos, redes o mallas metálicas, procesadas en una matriz tridimensional permanente. Los TRM pueden suplementarse con componentes degradables y están diseñados para proveer una protección inmediata contra la erosión, favorecer el establecimiento de la vegetación y proporcionar una larga vida útil, reforzando la vegetación durante y después de su maduración.

Los TRM se usan habitualmente en aplicaciones hidráulicas, co-

the type of straw or hay. MCN networks for controlling organic coatings are spread over the sown area, covered with organic waste and then secured with staples or stakes. Because they are not glued or sewn to the organic waste, these belts do not provide the same degree of structural integrity offered by prefabricated coatings for erosion control.

2. Open-weave textile (OWT)

The ECTC's official definition is, "A temporary and degradable RECP composed of processed natural yarns or polymers, intertwined with a binder that is used in erosion control and facilitates the rooting of the vegetation." Open-weave fabrics are processed polyolefin wire moulded into a 2-D matrix. These materials' tight weave allows them to provide erosion control with or without using an underlying layer of organic coating. Moreover, these screens typically display greater tensile strength than most of the above. OWT are usually used in places where greater traction is required, such as steep slopes or as a reinforcing layer for grass. OWT also represent a protective coating on slopes reinforced with geosynthetics in bioengineering facilities, especially where hard stem plants are used as natural stabilising material.

3. Erosion-control blankets (ECB)

The ECTC's official definition is, "A temporary and degradable RECP consisting of natural fibres or processed polymers, linked mechanically, structurally or chemically to form a continuous bond for erosion control and streamlining the process of fixing vegetation." The coatings for erosion control fibres consist of multiple organic / biodegradable synthetic woven material, glued or structurally bonded with mesh. The coatings most used for erosion control are made of straw, wood chips, coconut, polypropylene or a combination sewn or glued inside or through the processed biaxially-orientated nets or natural woven fibre netting. The ECB functional duration may be modified and adapted to a place's specific requirements. Some ECB are designed to last less than three months in places requiring a lot of maintenance to be cut immediately after the grass has taken root, while others are designed to provide longer-lasting protection in applications requiring protection against erosion as long as three years.

4. Turf reinforcement mat (TRM)

The ECTC's official definition is, "A permanent RECP composed of non-degradable synthetic fibres, filaments, nets and / or mesh processed in a continuous three-dimensional matrix. The TRMs can be supplemented with degradable components and are designed to provide immediate protection against erosion, promote the establishment of vegetation and provide long life, reinforcing vegetation during and after maturation.

TRMs are typically used in hydraulic applications such as high-

En español

In English

mo canales de alto flujo, pendientes empinadas, diques y costas, donde las fuerzas erosivas pueden exceder los límites de la vegetación natural no reforzada o donde se prevén limitaciones para el establecimiento de la vegetación. Aunque algunos TRM también contienen componentes degradables para suplementar su estructura permanente, todos los TRM deben tener una estructura tridimensional permanente con características de gran resistencia a la tracción con el propósito de funcionar como aglutinante con cualidades elásticas para que las raíces, tallos y suelo de la planta se enreden en él. Juntos forman un compuesto continuo, una manta viva, unificada.

Los TRM se utilizan a menudo en situaciones donde la alternativa "verde" se prefiere a estructuras armadas más rígidas. Se instalan generalmente de manera que optimicen la interacción del tallo o la raíz de la planta con la estructura de la manta. Las instalaciones tradicionales implican el despliegue y sujeción del TRM en contacto cercano con la superficie del suelo. Existen dos métodos de colocación y su uso depende del tipo de manta que se implemente. Un método es el de desplegar directamente el TRM sobre una superficie recién sembrada para permitir que la vegetación crezca a través de la estructura de la manta.

En este escenario el TRM actúa inicialmente para evitar el lavado de los suelos que fijan las estructuras de la raíz de la planta y el desprendimiento de plantas de la superficie del suelo. Este tipo de instalación generalmente produce un refuerzo de la raíz de la vegetación ya que el proceso natural de sedimentación rellena la manta y crecen sucesivas capas de vegetación dentro y a través de la estructura de aquella.

El segundo método para instalar TRM consiste en desplegar el producto y luego rellenarlo con suelo de buena calidad y una mezcla de semillas indicadas para dicho fin. En este tipo de instalación la vegetación enraíza inmediatamente dentro o a través de la estructura de la manta, generando un refuerzo inicial pero permanente.

Procesos de revegetalización

Factores ambientales que afectan la restauración de la vegetación

Las plantas para vivir dependen estrechamente del medio en el que se desarrollan; de él obtienen la energía, las materias primas y el espacio que necesitan y usan para crecer y conservarse. El suelo, la atmósfera y el agua son sus elementos constituyentes básicos. Las condiciones de habitabilidad para las plantas que ofrece el medio son la resultante de la interacción de diversos factores, que se pueden agrupar así:

Factores climáticos: las características del clima que actúan directamente sobre los vegetales son la radiación solar, la precipitación, la temperatura y el viento.

Factores edáficos: el suelo es un sistema físico-biológico que actúa de forma compleja sobre la vegetación. Es la fuente y dispensa de elementos nutritivos y agua, y en él está contenido el oxígeno necesario para la respiración de las raíces y los microorganismos.

Factores topográficos: la altitud, pendiente, exposición, orientación y formas del relieve son factores topográficos que ejercen una acción modificadora sobre los demás factores ambientales.

flow channels, on steep slopes, embankments and coasts where erosive forces may exceed natural vegetation limits or where the establishment of vegetation is limited. Although some TRMs also contain biodegradable components to supplement their permanent structure, all TRMs must have a permanent three-dimensional structure featuring high-tensile strength to function as a binder having elastic qualities for the roots, stems and plant floor entanglement. Together they form a continuous composite: a living, unified blanket.

A TRM is often used in situations where the "green" alternative is preferred to more rigid structures. A TRM is generally installed to optimise plant stem and/or root interaction with the blanket structure. Traditional installations involve TRM deployment and support in close contact with soil surface. There are two placement methods and their use depends on the type of blanket being used. One method is to place a newly seeded TRM directly on a surface to allow vegetation to grow through the blanket's structure.

In this scenario, the TRM initially acts to prevent the washing away of soil and plant root fixing structures and plants becoming released from the soil surface. This type of installation usually results in strengthening vegetation stems and the natural process of sedimentation filling the blanket and layers of vegetation growing in and through its structure. The second method is to deploy TRM, install the product, then fill it with good quality soil and seed mixture prescribed for this purpose. Vegetation is immediately rooted inside and/or through the structure of the blanket in this type of installation, producing initial, permanent strengthening reinforcement.

Revegetation

Environmental facts affecting the restoration of vegetation

Plants depend closely on the medium in which they operate; it provides the energy, raw materials and space needed and used to grow in. Soil, air and water are its constituent elements. Plants' living conditions arise from their immediate environment resulting from the interaction of various factors which can be grouped as follows:

Climate factors: solar radiation, rainfall, temperature and wind act directly on plants;

Edaphic factors: soil is a physical-biological system that acts in complex ways on vegetation. It is the source and pantry for nutrients and water and it contains the necessary oxygen for roots and microorganism respiration;

Topographic factors: altitude, slope, exposure, guidance and forms of relief exert a modifying action on other environmental factors; and

En español

In English

Factores físicos, que a su vez se dividen en:

Temperatura: la temperatura ambiente debe tenerse en cuenta al momento de elegir las especies a sembrar o plantar. Para cada especie existen ciertos umbrales de temperatura dentro de los cuales realizan su ciclo vital; sin embargo, la temperatura de la atmósfera no es un dato específico, ya que no señala con exactitud las condiciones que se dan en la capa superficial del suelo donde se desarrolla la vida de la planta.

Humedad: la humedad del suelo y la humedad ambiental son factores de influencia directa tanto en el momento de la siembra como en el desarrollo de la planta. Respecto a la humedad del suelo, la disponibilidad de agua es la cantidad de líquido que puede ser aprovechado por los vegetales; depende del agua suministrada (precipitación o riegos) y de la capacidad de infiltración y de retención del suelo.

Aireación del suelo: la atmósfera influye en todos los procesos que tienen lugar en su interior; de ella dependen la vida de los microorganismos del suelo y la de las raíces de las plantas superiores, así como todos los cambios químicos que se realizan en el suelo, por lo cual vale la pena destacar: (i) la ausencia de O₂ inhibe el crecimiento de las raíces; (ii) la concentración de O₂ y CO₂ también afectan la germinación; (iii) la existencia de los microorganismos es necesaria desde el momento de la germinación; (iv) la cantidad de O₂ interviene en la absorción de elementos nutritivos; (v) los procesos de óxido-reducción del suelo.

Factores químicos: tres son los factores que pueden afectar e incluso limitar severamente el desarrollo de la vegetación. Todos son factores edáficos, derivados de la desaparición del suelo superficial del afloramiento de horizontes inferiores como producto de las excavaciones:

Presencia y disponibilidad de nutrientes: las plantas necesitan disponer de una serie de elementos esenciales para su desarrollo. Algunos de los macronutrientes son necesarios en grandes cantidades: nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, magnesio y potasio; los micronutrientes, en muy pequeñas dosis: hierro, manganeso, boro, cinc y molibdeno; y otros pueden ser esenciales solo para especies particulares: sodio, cloro, cobalto, vanadio y algunos más.

Acidez y alcalinidad del suelo: la importancia del pH como factor ambiental que afecta a la revegetación se debe a motivos directos, por la influencia que el ambiente, más o menos acidificante o basificante, puede tener sobre las condiciones de desarrollo de las plantas, y a motivos indirectos debido a su intervención sobre otras características del suelo: (i) influye en la velocidad y cualidad de los procesos de humificación y mineralización sobre los microorganismos del suelo; (ii) influye en el estado de determinados nutrientes, caracterizando, por lo tanto, su grado de asimilabilidad por los vegetales; (iii) condiciona la estructura del suelo y por consiguiente todas las propiedades edáficas que se derivan de ella.

Physical factors: in turn, divided into:

Temperature: ambient temperature should be taken into account when choosing species for sowing or planting. There are certain temperature thresholds for each species, within which their life-cycle unfolds; however, the temperature of the atmosphere is not regarded as providing specific data because it does not pinpoint the conditions found in the topsoil, where plant life develops;

Moisture: soil moisture and humidity influence both the time of planting and subsequent plant development. Regarding soil moisture, water availability is the amount of liquid that can be used by plants. It depends on water supply (rainfall or irrigation) and infiltration capacity and soil retention; and

Soil aeration: the soil's atmosphere affects all the processes taking place within it, the life of soil microorganisms and the roots of taller plants depend on it. This also involves the chemical changes taking place in the ground: the absence of O₂ inhibits root growth, O₂ and CO₂ concentration also affects germination, microorganisms are necessary from the time of germination, the amount of O₂ y CO₂ is involved in nutrient absorption and oxydoreduction of soil;

Chemical factors: Three factors can affect or even severely limit vegetation development; all of them are edaphic factors arising from the disappearance of surface soil horizons below a crop, resulting from excavation:

Nutrient presence and availability: plants need to have essential elements for their development. Some macronutrients are required in large amounts: nitrogen, phosphorus, sulphur, calcium, magnesium and potassium. Micronutrients are needed in very small doses: iron, manganese, boron, zinc and molybdenum. Others may only be essential for particular species: sodium, chlorine, cobalt and vanadium;

Acidity and alkalinity of the soil: the importance of pH as an environmental factor affecting revegetation is due to direct (an environment's acidifying or basifying influence can affect plant development conditions) and indirect reasons because of its intervention regarding other soil characteristics: influencing the speed and quality of humification and mineralisation through its influence on soil microorganisms, influencing the status of certain nutrients characterised by its degree of plant assimilation and soil structure conditions and, therefore, all soil properties derived from that; and

En español

In English

Toxicidad: los problemas de toxicidad en las zonas de acopio y presas de residuos se deben principalmente a la presencia de metales pesados (cobre, cinc, plomo, níquel) y otros metales (aluminio, manganeso).

Toxicity: toxicity problems in area neighbouring waste collection and dams are mainly due to the presence of heavy metals (copper, zinc, lead, nickel) and other metals (aluminium, manganese).

Mezclas fértiles

Los abonos o fertilizantes son productos destinados a la alimentación de las plantas. Por lo tanto, fertilizar significa aportar abonos a las plantas o a su sustrato nutritivo. En la ley del fertilizante está contenida esta definición: "Los abonos son sustancias que se aplican directa o indirectamente a las plantas para favorecer su crecimiento, aumentar su producción o mejorar su calidad"⁷.

Al usar y aplicar fertilizantes es necesario considerar: las características del suelo (contenido y disponibilidad del elemento nutritivo a fertilizar, pH y textura); las condiciones climáticas (temperatura, cantidad y distribución de la precipitación pluvial) y las características de las plantas (necesidades, sistema radicular, rotación de cultivos, sistemas de explotación y medidas de producción); también son muy importantes las propiedades de los fertilizantes: contenido y forma química de los elementos nutritivos, proceso de disolución, tamaño de gránulos y sus reacciones con el suelo⁸.

El compost como abono

La utilización del compost como fuente de nutrientes para los cultivos en lugar de residuos frescos se debe a la disminución de olores (Miller, 1993), efectos tóxicos sobre los cultivos, disminución en la contaminación de aguas y eliminación de patógenos y semillas de malezas (Rink, 1992). Sin embargo, es claro que la velocidad con la que los residuos frescos entregan nutrimentos es más rápida que la de un compost (Castellanos y Pratt, 1981). Productos de procesos de compostaje incompletos como el Bokashi aportan más nutrientes a corto plazo que un compost terminado, además de que incorporan una población microbiana diversa para continuar el proceso de descomposición en campo, con los riesgos de calentamiento en el suelo que deben ser manejados (Soto, 2001).

La relación carbono/nitrógeno (C/N) en el compost a granel disminuye durante el compostaje, independientemente de la técnica empleada. Una relación de 10-15 se considera estable (Namkoong *et al.*, 1999; Chefetz *et al.*, 1996) y la relación final depende de las fuentes materiales y el método de medición N (Hue y Liu, 1995). La proporción de NH₄-N NO₃-N en el extracto de agua se ha sugerido como un índice de madurez.

La influencia de la fertilización NPK a largo plazo y en forma intensiva sobre las propiedades del suelo. La fertilización potásica lleva a la acumulación de potasio (K) cambiante, aunque la infiltración también es grande y provoca cambios en la cobertura iónica de los coloides del suelo y posibles desbalances entre potasio (K), Calcio (Ca) y magnesio (Mg)⁹.

William Albrecht (1888 a 1974) asegura que la clave en procesos de fertilización es el balance. Albrecht aconsejaba llevar los nu-

Fertile blends

Fertilisers are products for feeding plants. Therefore, fertilising means providing substances of plants or their nutritional substrate. The law contains this definition, "Fertilisers are substances directly or indirectly applied to plants to promote their growth, increase production or improve their quality."⁷ Certain matters must be considered when using and applying fertilisers: soil characteristics (content and nutrients availability for fertilising, pH and texture), conditions (temperature, amount and distribution of rainfall) and plant characteristics (needs, the root system, crop rotation, farming systems and production measures). Another important basic point regards evaluating the characteristics of fertiliser content and nutrients' chemical form, dissolution process, granule size and their reactions with soil⁸.

Compost used as fertiliser

Preference in using compost as a nutrient source for crops rather than fresh waste is usually due to the desire to reduce offensive odour (Miller, 1993), toxic effects on crops, reduced water use and the elimination of pathogens and weed seeds in compost (Rink, 1992). However, it is clear that the rate at which nutrients deliver fresh residues is faster than a compost matures (Castellanos and Pratt, 1981). Incomplete composting products such as bokashi provide more nutrients in the short-term than finished compost, as well as incorporating a diverse microbial population to continue decomposition in the field, with the inherent risk of warming on the ground (which must obviously be managed) (Soto, 2001)

The carbon:nitrogen (C:N) ratio in bulk compost decreases during composting, regardless of the composting technique used. A 10:15 ratio is considered stable; however, it can be stabilised long before the compound becomes stabilised (Namkoong *et al.*, 1999, Chefetz *et al.*, 1996) and the final ratio depends on the source material and the method used for measuring N (Hue and Liu, 1995). The proportion of NH₄-N NO₃-N in the water extract has been suggested as a maturity index.

The long-term intensive influence of NPK fertilisation on soil properties has special characteristics. Potassium fertilisation leads to an accumulation of potassium-exchangeable K, but infiltration is also large and leads to changes in ion coverage of soil colloids and possible imbalance between K, Ca and Mg⁹.

William Albrecht (1888 to 1974) ensured that the key to fertilisation was balance; he advised ensuring a soil nutrient balance

⁷Finck, Arnold, *Fertilizantes y fertilización*, s. c., Reverté.

⁸Fassbender, Hans W.; Bornemisza, Elmer, *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*, s. d.

⁹Hans W. Fassbender, Bornemisza Elemer. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*, s. d., p. 345.

⁷Finck, Arnold, *Fertilizantes y fertilización*, s. c., Reverté.

⁸Fassbender, Hans W.; Bornemisza, Elmer, *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*, s. d.

⁹Hans W. Fassbender, Bornemisza Elemer. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*, s. d., p. 345.

trientes del suelo a un balance en el que ninguno tuviera ni exceso ni deficiencia. La teoría de Albrecht (también llamada teoría de saturación de bases) se usa para guiar la aplicación de cal y fertilizantes midiendo y evaluando las proporciones de nutrientes de carga positiva (bases) mantenidos en el suelo.

Conclusiones

Las consecuencias de la erosión se manifiestan tanto en el lugar donde se produce como fuera de él (erosión difusa). Los efectos *in situ* son particularmente importantes en tierras de uso agrícola, en las cuales la redistribución y pérdida del suelo, la degradación de su estructura y el arrastre de materia orgánica y de nutrientes llevan a la pérdida del espesor superficial de suelo y al descenso de la fertilidad. La erosión reduce también la humedad disponible en el suelo, acentuando las condiciones de aridez.

Actualmente existe tendencia a realizar control de erosión de una forma menos agresiva con el ambiente, para lo cual la propuesta es la utilización de materiales naturales (mantas o mallas orgánicas y biorrollos o fajas orgánicas), confeccionados fundamentalmente con base en fibras, muchas de ellas de origen y aprovechamiento forestal (Contreras, V., 2001); estos, integrados a un proceso de fertilización del suelo y revegetalización, constituyen soluciones ambientales al problema de erosión de suelos¹⁰.

Referencias / References

- Allen, S. R., Evaluation and Standardization of Rolled Erosion Control Products, Geotextiles and Geomembranes., Volume 14, Issues 3-4, March-April 1996, pp. 207-221.
- Barbera, G.G., López Bermúdez, F., Romero Díaz, A., Cambios de uso del suelo y desertificación en el Mediterráneo: el caso del Sureste Ibérico., En Acción humana y desertificación en ambientes mediterráneos, 1997.
- Bhattacharyya, R., Fullen, M.A., Davies, K., Booth, C.A., Use of palm-mat geotextiles for rainsplash erosion control, Geomorphology., 2010. DOI: 10.1016/j.geomorph.2010.02.018
- Bongcam Vásquez, E., Guía para Compostaje y manejo de suelos., Bogotá, 2003. ISBN:958-698-103-7.
- Carroll Jr, R.G., Rodencal J., Collin J.G., Geotextiles and Geomembranes., Volume 11, Issues 4-6, 1992, pp. 523-534.
- Contreras, V.M., El Control de la Erosión de Cárcavas en Olivar Mediante Mantas Orgánicas., Foro Olivar y Medio Ambiente Expoliva, 2001, 5p.
- Contreras, M. V., De Sousa Borges, S.P., Nuevos materiales para el control de la erosión tras los incendios forestales., Jornadas de Incendios forestales de Serra D'ossa, Estremoz (Portugal), Enero 2007.
- Cortés Lombana, A., Suelos Colombianos: una Mirada desde la academia., Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad Recursos Naturales, Bogotá, 2004. ISBN: 958-9029-64-7.
- Dalzell, H. W., Riddlestone, A.J., Gray, K.R., Thurairajan, K., Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales., Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Boletín

lacking excess or deficiency. The Albrecht theory (also called base saturation theory) is used to guide lime and fertiliser application by measuring and evaluating the proportions of positively-charged nutrients (bases) held in the soil.

Conclusions

The consequences of soil erosion are manifest both in the place that it occurs and outside it (diffuse erosion). Site effects are particularly important concerning agricultural land where soil redistribution and loss, degradation of its structure and entrainment of organic matter and nutrients leads to loss of topsoil thickness and a decline in fertility. Erosion also reduces the moisture available in the soil, stressing arid conditions.

The current trend is to make erosion control less aggressive for the environment, meaning that the idea is to use natural, mainly fibre-based, prefabricated materials (organic blankets or screens and bio-rolls or organic fascines), many of them forestry-based (Contreras, V. 2001). Environmental solutions become integrated in soil fertilisation and revegetation to resolve soil erosion issues¹⁰.

- de Suelos de la FAO, No. 56, 1991, p. 14.
- Departamento Administrativo de Medio Ambiente. DAMA., Protocolo Distrital de restauración Ecológica., Bogotá, 2002.
- FAO-PNUMA-UNESCO., Clasificación provisional para la evaluación de la degradación de los suelos, Roma, 1981.
- Fassbender, H.W., Bornemisza E., Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina., 1987, p. 345.
- Finck, A., Fertilizantes y Fertilización., Editorial Reverté S.A., 1988.
- Foltz, R. B., Copeland, N.S., Evaluating the efficacy of wood shreds for mitigating erosion., Journal of Environmental Management, 90(2), 2009, pp. 779-785. DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.01.006
- Franco, J. A., Agrarian erosion perception., Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Vol. 40, Issue 2, 2008, pp. 49-60, p. 12p.
- García Ruiz, J. M., López García, P., Eds., CSIC. Instituto Pirenaico de Ecología., Papeles de geografía, No. 28, Zaragoza, 1998, pp. 9-39. ISBN: 84-921 842-2-1.
- Gaspari, F. J., Bruno, J. E., Diagnóstico de degradación ambiental por erosión hídrica en la cuenca del arroyo Napostá Grande., Ecol. Austral, Vol. 13, No. 1, Córdoba ene./jun., 2003.
- Hudson, N., Conservación del suelo., Editorial Reverte España, 1982.
- Ibáñez, J.J., Valero Garcés, B.L., Machado, C., Implicaciones en la desertificación. Eds., Geoforma Ediciones, Logroño, 1997, pp. 27- 130. ISBN: 84-87779-30- 1.
- Ibáñez, J.J., González Rebollar, J.L., García Alvarez, A., Saldaña, A., Los geosistemas mediterráneos en el espacio y en el tiempo

¹⁰Preston, Sullivan, *El manejo sustentable de suelos*, s. d.

¹⁰Preston, Sullivan, *El manejo sustentable de suelos*, s. d.

En español

- po. La evolución del paisaje mediterráneo en el espacio y en el tiempo., 1997.
- Inckel, M., Smet, P., Tersmette, T., Veldkampade, T., The preparation and use of compost., Agromisa foundations Wageningen seventh edition, 2005.
- Jorba, M., Vallejo, R., Restauración ecológica de canteras: un caso con aplicación de enmiendas orgánicas y riegos., Octubre, 2008.
- Kilgore, R.T., Cotton, G., Desing of roadside channels with flexible linings hydraulic engineering., circular No. 15, third edition, 2005.
- Lancaster, T., Austin, D., Calbalka, D., Suggested revisions to the flexible channel-lining design parameters., IECA Soil stabilization series, Streambank & channel stabilization, Vol. 18, 2001, pp. 1-5.
- Lancaster T., Deron N. A., Classifying rolled erosion – control products: a current perspective., Erosion control technology council ECTC, June 2003.
- Longa, P.V., Bergadob, D.T., Abuel-Nagac H.M., Geosynthetics reinforcement application for Tsunami reconstruction Evaluation of interface parameters with silty sand and weathered clay., Geotextiles and geomembranes, 25, 2007, pp. 311-323.
- López Bermúdez, F., Romero Díaz, A., Erosión y desertificación: implicaciones ambientales y estrategias de investigación. Papeles de geografía, No. 28, 1998, pp. 77-89.
- Malagón Castro, D., Los suelos de Colombia., Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia (Revista de la Academia de Ciencias Geográfica), Vol. 46, No. 135, Bogotá, Diciembre de 2002.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Guía Ambiental Terminales Portuarios., Fichas de Manejo Ambiental, p. 265. ISBN: 958973-93-3-4. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/66580138/Guia-de-Term-in-Ales-Portuarios>
- Morgan, R. P., Urbano López, Meneses C., J. Erosión y conservación del suelo., Longman group limited, 1995. ISBN: 84-7114-679-7
- PAVCO., "Geotextiles"., Bogotá, 1992.
- Poesena, J., Nachtergaelea, J., Verstraetena, G., Valentinb, C., Gully erosion and environmental change: importance and research needs, 2002.
- Porta Casanellas, J., López, M., Acevedo R., Agenda de Campo de suelos., Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente, Ediciones Mundi-Prensa, 2005.
- Posada, P. B. O., Henao Pineda, W., Diagnóstico de la Erosión en la zona costera del Caribe Colombiano., Serie de publicaciones especiales, No.13, Santa Marta, INVEMAR, 2008,

In English

- p. 200.
- Preston, S., El Manejo Sustentable de Suelos., 1° Ed. ATTRA, 2007, pp. 19 – 21.
- Risse, L. M, Faucette, B., California Integrated Waste Management Board., Use of compost and co-compost as a primary erosion control material, 2009.
- Rivera, P. J. H., Sinisterra, R. J., Calle, D. Z., Restauración Ecológica de suelos degradados por Erosión en Cárcavas en el enclave xerofítico de Dagua, Valle del Cauca, Colombia., Área de restauración ecológica de CIPAV. Centro para la investigación en sistemas sostenibles para la producción agropecuaria (s/f). Disponible en <http://www.cipav.org.co/noticias/noticias-n01.html>.
- Rubio, J.L., García Ruiz, J.M., González -Rebollar., Programa Interáreas del CSIC sobre Desertificación en Ambientes Mediterráneos: Aspectos Físicos, Culturales, Sociales y Económicos., Instituto Pirenáico de Ecología, CSIC, Zaragoza, 1996, pp. 27.
- Salamanca Solarte, B., Deterioro de ecosistemas y necesidades de investigación, Preprint, 1995.
- Sánchez, E.J.G, Erosión: La importancia de la conservación del suelo., 2010. Disponible en: <http://www.aeac-sv.org/pdfs/infoerosion.pdf> consulta realizada Marzo17/2010
- Soto, G., Meléndez, G., Taller de Abonos Orgánicos., Marzo 2003.
- Stoffella, P. J., Yuncong L., Organic waste compost utilization in vegetable crop production systems., Proceedings of the ISTH, Vol. 43, 1999, pp. 30-32, 3p. AN 31618651.
- Suárez, J., Deslizamiento y estabilidad de Taludes en zonas tropicales., Instituto de Investigación sobre erosión y deslizamientos, 1998.
- Thompson, L.M., Troeh Frederick, R., Los suelos y su fertilidad., Editorial Reverte, 1988.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Fertilidad de los suelos y fertilizantes., México, UTEHA, 1988, 760 p.
- Vega-Carreño, M. B., Febles-González, J.M., La investigación de suelos erosionados: métodos e índices de diagnóstico., Minería y Geología, Vol. 21, Issue 2, 2005, p. 1, 18p. Disponible en www.ideam.gov.co. Consulta realizada el 8/03/2010.
- Zhong-qiangwanga, B., Liang-huanwua, C., Ting-Ting L., Revegetation of steep rocky slopes: Planting climbing vegetation species inartificially drilled holes., Ecological Engineering Volume 35, Issue 7, July 2009, pp. 1079-1084.
- Zmora-Nahum, S., Markovitch, O., Tarchitzky, J., Chen, Y., Dissolved organic carbon (DOC) as a parameter of compost maturity., Soil Biology and Biochemistry, November 2005, pp. 2109-2116.