

Selección de plantas para el control de la erosión hídrica en Costa Rica mediante la metodología de criterio de expertos

Virginia Alvarado-García¹, Tania Bermúdez-Rojas¹, Marilyn Romero-Vargas², Lilliana Piedra-Castro¹

Resumen

En Costa Rica, la utilización de plantas para el control de la erosión es escasa y poco documentada. Este estudio identificó, mediante la metodología de criterio de expertos, especies vegetales utilizadas para dicho fin. Por medio de entrevistas semiestructuradas a 20 expertos se recopiló información de 74 especies (promedio de $6,25 \pm 5,11$ plantas recomendadas por experto). Predominaron las herbáceas nativas, de raíz fasciculada y de ciclo perenne. Las especies más frecuentes en la selección de los expertos fueron *Yucca guatemalensis* (75%), *Arachis pintoi* (55%), *Zygia longifolia* (30%), *Vetiveria zizanioides* y *Pennisetum purpureum* (25% cada una). Se debe investigar y experimentar a fondo con las especies sugeridas para definir guías de manejo sobre el uso de las plantas, principalmente nativas, para el control de la erosión.

Palabras claves: Suelo; erosión por el agua; especies nativas; *Yucca guatemalensis*; *Arachis pintoi*; *Zygia longifolia*; *Vetiveria zizanioides*; *Pennisetum purpureum*; metodología de criterio de expertos; Costa Rica.

Summary

Plant selection for erosion control in Costa Rica by means of the expert criteria method.

Use of plants for erosion control in Costa Rica is scarce and poorly documented. This study used expert criteria to identify vegetal species used for such purpose. Through semi-structured interviews to 20 experts, information of 74 species was collected (6.25 ± 5.11 recommendations per expert). Perennial native herbs with fasciculate root predominated. The species most frequently mentioned were *Yucca guatemalensis* (75%), *Arachis pintoi* (55%), *Zygia longifolia* (30%), *Vetiveria zizanioides* and *Gynerium sagittatum* (25% each). Research and experimentation with suggested species, mainly native, should be established in order to define guidelines for plant use in erosion control.

Keywords: Soil; water erosion; native species; *Yucca guatemalensis*; *Arachis pintoi*; *Zygia longifolia*; *Vetiveria zizanioides*; *Pennisetum purpureum*; expert criteria methodology; Costa Rica.

¹ Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Costa Rica. vicky1610@gmail.com; tbermude@una.ac.cr; lpiedra@una.ac.cr

² Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional de Costa Rica. mromero@una.ac.cr

Introducción

Si bien la erosión es un proceso normal de modelación de las geoformas en territorios asociados a determinados ecosistemas, las tasas de remoción, transporte o depósito de materiales se han intensificado por acción humana y, en consecuencia, se ha modificado el funcionamiento del ecosistema y deteriorado el suelo (Alfaro 2005).

En los trópicos, la forma de erosión más común es la erosión hídrica causada por la acción de las gotas de lluvia sobre un terreno desnudo. Cuando la gota cae por gravedad, impacta la superficie de forma directa con una fuerza considerable, lo que disgrega las partículas del suelo. Posteriormente, y debido a la intensidad de las precipitaciones, se saturan los poros del suelo y se reduce la capacidad de infiltración; en consecuencia, la escorrentía superficial arrastra los agregados que se depositan pendiente abajo (Suárez 2001, Imeson y Curfs 2008, Ragonessi y Soto 2010). Este proceso es frecuente en taludes en donde la topografía tiende a intensificar los procesos erosivos.

La vegetación, por su parte, mejora la protección al suelo, frena la escorrentía y facilita la infiltración. Los componentes radiculares contribuyen a aumentar la resistencia mecánica del suelo; además, la presencia de materia orgánica ofrece estabilidad, rugosidad y porosidad, lo que supone un aumento en la capacidad de infiltración (Porras 2000, Laporte y Porras 2002, Bochet y García 2004).

El establecimiento de coberturas vegetales constituye una práctica fácil y positiva para la salud del suelo, no solo por la baja inversión sino por ser una alternativa eficiente para la conservación (Zwart *et al.* 2005). En Costa Rica no se cuenta con criterios técnicos sólidos que demuestren que una especie vegetal realmente protege y refuerza el suelo de forma adecuada. La información

existente en cuanto a la biología y ecología de las especies vegetales es incompleta, dispersa o inaccesible (Porras 2000); sin embargo, ya se perfilan algunos esfuerzos por documentar estas carencias (Sancho y Cervantes 1997, Laporte y Porras 2002, Zwart *et al.* 2005),

El método de criterio de expertos ha demostrado su idoneidad en investigaciones donde la mejor información disponible es la opinión de los expertos. Este método busca recopilar el conocimiento sobre un tema particular (Garmendia *et al.* 2005, Luna *et al.* 2005, Blasco *et al.* 2010). A diferencia de otras técnicas cualitativas, tales como los grupos focales o grupos nominales, el método de criterio de expertos permite obtener información de sujetos físicamente alejados y posibilita la generación de respuestas abiertas, bien estructuradas y con un componente cualitativo añadido (Luna *et al.* 2005).

Ya que el uso de plantas para mitigar los efectos de la erosión ha sido poco documentado en Costa Rica, con este estudio se trató de identificar especies de plantas útiles para el control de la erosión hídrica en taludes de ríos urbanos. La metodología se complementó con visitas de campo. El estudio se llevó a cabo en el Valle Central, en el cual se encuentra la Gran Área Metropolitana (GAM), la principal región urbana del país (Mivah *et al.* 2006).

Para recabar el criterio de expertos se elaboró una entrevista semiestructurada acerca de especies utilizadas para el control de la erosión en taludes de ríos. Dicho instrumento constó de dos secciones: datos personales del experto y conocimiento general de las plantas. En la segunda sección se solicitaba mencionar un mínimo tres especies, jerarquizadas por orden de prioridad. Para la especie número uno se hicieron 25 preguntas relacionadas con su tolerancia, crecimiento y esta-

blecimiento, mantenimiento, tipo de suelo donde se desarrolla y disponibilidad comercial. El instrumento se aplicó a profesionales afines al área de la botánica durante el mes de mayo del 2010.

Todas las especies recomendadas se caracterizaron por hábito (herbáceo, arbustivo o arbóreo), sistema radicular (fasciculado o pivotante), ciclo de vida (perenne o anual), propagación (sexual o vegetativa), clasificación (monocotiledónea o dicotiledónea) y distribución geográfica.

Adicionalmente, el estudio se complementó con visitas de campo a un río urbano de la provincia de Heredia (microcuenca del río Pirro), con problemas de impermeabilización del suelo, deforestación, invasión de la zona de protección y sedimentación (Romero *et al.* 2011). Casi toda la parte alta del cauce ha sido entubada, mientras que la sección baja presenta sectores de difícil acceso y peligrosos por encontrarse en una zona de alto conflicto social. El uso predominante de suelo es urbano, seguido por cafetales y pastos. El suelo corresponde al orden de los andisoles, con pendientes entre 40° y 45°.

Para hacer evaluaciones, se eligieron cuatro sitios, dos en la parte media (09°59'54,01"N 84°06'33,91"O, 09°59'43,11"N 84°06'41,01"O) y dos en la baja (09°59'33,62"N 84°06'49,19"O, 09°59'30,76"N 84°06'53,46"O). Las visitas se realizaron durante la época seca del 2010, en los meses de marzo y abril. En cada sitio se seleccionaron, por medio de un clinómetro Suunto PM-5/360 P, laderas del río con pendientes moderadas. Se recolectaron muestras vegetales naturales de tipo herbáceo y arbustivo; cada muestra se extrajo de raíz y fue etiquetada, fotografiada e identificada. Posteriormente, cada especie se caracterizó por hábito, sistema radicular, ciclo de vida, propagación, clasificación y distribución geográfica.

El análisis estadístico (chi cuadrado) de las especies mencionadas por los expertos y las especies priorizadas permitió encontrar coincidencias entre expertos y seleccionar las especies preferidas o más recomendadas. Mediante la prueba cualitativa de Sorensen se relacionó la cantidad de especies en ambas metodologías y se establecieron similitudes entre lo descrito por los expertos y lo encontrado en el campo.

Resultados y discusión

Se entrevistó a 20 expertos con formación en biología, forestería, agronomía y encargados de viveros. En total, los expertos recomendaron 74 especies distribuidas en 27 familias, aunque las familias más frecuentemente mencionadas fueron Poaceae y Asteraceae. El alto porcentaje (34%) que hace referencia a “otros” representa el resto de familias con únicamente una o dos especies (Fig. 1A). Las visitas de campo permitieron recolectar un total de 29 especies pertenecientes a 22 familias; la más abundante fue la familia Asteraceae (14%). El 55% correspondió al grupo de familias con una o dos especies (Fig. 1B). Los expertos recomendaron, en promedio, $6,25 \pm 5,11$ plantas, entre las que predominaron plantas nativas y de hábito herbáceo (Cuadro 1).

A nivel general, no se demostró preferencia por una especie ($X^2=9,4$; $gl=4$; $p>0,05$) sino por varias. Si bien no hubo diferencias significativas entre las once especies priorizadas ($X^2=8,6$; $gl=10$; $p>0,05$), cinco expertos coincidieron en el itabo (*Yucca guatemalensis*) y tres en el manicillo (*Arachis pintoi*) (75% y 55%, respectivamente), seguidas por el sotacaballo (*Zygia longifolia*) (30%), vetiver (*V. zizanioides*) y zacate elefante (*Pennisetum purpureum*), con dos menciones cada una. La única especie nativa mencionada es sotacaballo.



Foto: Tania Bermúdez

Erosión laminar en taludes del río Pirro, Heredia, Costa Rica

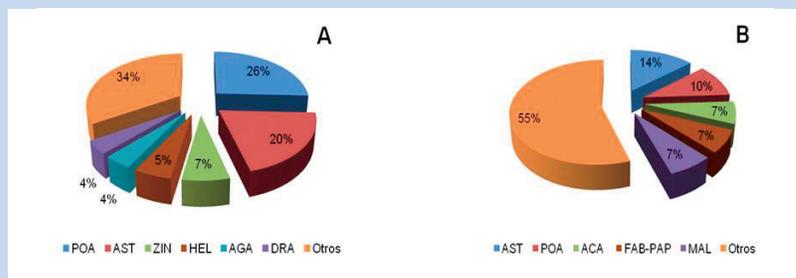


Figura 1A. Familias vegetales a las que corresponden las especies recomendadas por expertos

Figura 1B. Familias vegetales encontradas en laderas de la microcuenca del río Pirro, Costa Rica

ACA= Acanthaceae; AST= Asteraceae; AGA= Agavaceae; DRA= Dracaenaceae; FAB-PAP= Fab- Papilionoideae; HEL= Heliconiaceae; MAL= Malvaceae; POA= Poaceae; ZIN= Zingiberaceae.

Cuadro 1. Especies recomendadas por expertos y categorización por distribución geográfica y hábito de crecimiento

Entrevista	Profesión	Institución	Total	Especies recomendadas						Especie priorizada
				Distribución			Hábito			
				N	EX	NT	H	B	A	
E-1	IF	INBio	5	3	1	1	3	2	0	<i>Yucca guatemalensis</i> (itabo)
E-2	BI	UNA	5	2	2	1	4	1	0	<i>Yucca guatemalensis</i>
E-3	BI	MNCR	3	1	1	1	1	1	1	<i>Zygia longifolia</i> (sotacaballo)
E-4	BI	MNCR	23	20	1	2	9	12	2	<i>Gynerium sagittatum</i> (cañabrava)
E-5	IF	MNCR	4	2	1	1	3	1	0	<i>Yucca guatemalensis</i>
E-6	BI	MNCR	7	3	2	2	6	1	0	<i>Gynerium sagittatum</i>
E-7	IA	Asecan	3	0	2	1	2	1	0	<i>Yucca guatemalensis</i>
E-8	IA	MAG	7	2	3	2	5	2	0	<i>Pennisetum purpureum</i> (zacate elefante)
E-9	IA	INTA	4	3	1	0	3	0	1	<i>Paspalum fasciculatum</i> (gramalote)
E-10	BI	UNA	3	0	2	1	2	1	0	<i>Vetiveria zizanioides</i> (vetiver)
E-11	BI	UNA	6	0	4	2	2	4	0	<i>Sansevieria trifasciata</i> (lengua de suegra)
E-12	BI	UCR	15	11	2	2	10	4	1	<i>Chamaedorea costaricana</i> (pacaya)
E-13	BI	UNA	12	3	6	3	8	4	0	<i>Yucca guatemalensis</i>
E-14	BI	Acepesa	3	0	2	1	2	1	0	<i>Vetiveria zizanioides</i>
E-15	IF	UNA	6	2	4	0	3	1	2	<i>Cymbopogon citratus</i> (zacate limón)
E-16	IF	Asecan	2	0	2	0	2	0	0	<i>Arachis pintoi</i> (manicillo)
E-17	O	Asecan	5	2	2	1	3	1	1	<i>Cortaderia selloana</i> (pampa grass)
E-18	O	Asecan	2	0	2	0	2	0	0	<i>Arachis pintoi</i>
E-19	IA	Asecan	3	1	1	1	2	1	0	<i>Arachis pintoi</i>
E-20	IA	Asecan	7	2	4	1	3	3	1	<i>Zygia longifolia</i>

Profesión: BI= biólogo; IF= ingeniero forestal; IA= ingeniero agrónomo; O= otro

Institución: Acepesa= Asociación Centroamericana para la Economía, Salud y el Ambiente; Asecan= Asociación de Seguridad y Embellecimiento de Carreteras Nacionales; INBio= Instituto Nacional de Biodiversidad; INTA= Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria; MAG= Ministerio de Agricultura y Ganadería; MNCR= Museo Nacional de Costa Rica; UCR= Universidad de Costa Rica; UNA= Universidad Nacional

Distribución: N= nativa; EX= exótica; N = naturalizada

Hábito: H= herbáceo; B= arbustivo; A= arbóreo

Al unificar los datos de especies recomendadas y encontradas se obtuvo un total de 96 especies y hubo coincidencia en siete. A pesar de que el índice de Sorensen explicó poca similitud entre las especies mencionadas por expertos y las recolectadas en los taludes del río urbano (0,13), predominaron las plantas de hábito herbáceo, de raíz fasciculada, propagación asexual y de ciclo perenne (Fig. 2).

El número de especies mencionadas incluyó una extensa variedad de plantas nativas. Este rasgo es importante para el mejoramiento y recuperación de zonas perturbadas, ya que son especies del entorno (Keller y Sherar 2005, Segura 2005). Aunque en menor cantidad, también se registraron especies exóticas que se han utilizado con frecuencia por su fácil y rápida propagación (Melgoza *et al.* 2007). Sin embargo, se recomienda hacer uso de estas

especies únicamente cuando no haya otra alternativa y durante la etapa de rehabilitación de un ecosistema (Segura 2005).

Dada las diferentes profesiones y experiencia de los expertos, hubo divergencias notables en sus opiniones. La ausencia de especies claramente preferidas demuestra que hay vacíos de información y falta de experimentación que valide el empleo de determinadas plantas para la estabilización de taludes. Pese a las diferencias, se observaron similitudes respecto a las características de las plantas mencionadas, tales como sus buenas propiedades de crecimiento, resistencia, cobertura abundante y raíces profundas. Según Keller y Sherar (2005), tales características son fundamentales para el control de la erosión y estabilización de taludes.

Los pastos están entre las especies más efectivas para el control de la erosión y la estabilización de taludes. Este es el tipo de vegetación más comúnmente utilizado debido a su amplio rango de tolerancia, rápida propagación y densa cobertura. Además, hay una gran variedad de especies; sólo en Costa Rica, la familia Poaceae está representada por aproximadamente 522 especies (Lobo 2009). No es de extrañar, entonces, el gran número de especies recomendadas de esta familia (19 especies); de las once especies priorizadas, *C. selloana*, *G. sagittatum*, *P. fasciculatum*, *P. purpureum* y *V. zizanioides* pertenecen a esta familia.

Para mitigar los problemas erosivos, las acciones no se deben limitar en forma simplista a la siembra de pastos; al contrario, debe garantizarse el desarrollo de una vegetación multiestratos de gramíneas, leguminosas, arbustos y árboles (Suárez 2001, Rivera *et al.* 2007). El inconveniente es que muchas plantas no han sido estudiadas a fondo y no existen métodos comprobados para su utilización (Suárez 2001). Tal es el caso de *Y. guatemalensis*, el cual

fue sugerido por más de la mitad de los 20 entrevistados y nombrado como primera opción por cinco de ellos. Este arbusto naturalizado se ha sembrado por décadas y ha crecido en forma natural en cafetales, fincas, cercas vivas y orillas de quebradas y ríos, pero poco se sabe de su potencial para mitigar procesos erosivos³. En Centroamérica, sólo en El Salvador se ha utilizado para el control de la erosión en zonas cafetaleras (Bertrand y Rapidel 1999).

Las leguminosas, por otra parte, han sido ampliamente estudiadas y representan una opción válida contra la erosión, pues mejoran la fertilidad y estabilidad al suelo (Serrano y Cano 2007) mediante la fijación de nitrógeno atmosférico en asociación con bacterias del género *Rhizobium* (Rodríguez *et al.* 1985, Ferrari y Wall 2004, Zwart *et al.* 2005). Dos especies leguminosas mencionadas por expertos y de gran importancia económica y ecológica son *A. pinto* y *Z. longifolia*.

A. pinto es una planta exótica rastrera que ayuda a mejorar la salud del suelo, reduce la incidencia de germinación de malezas y aporta nutrientes al suelo (Zwart *et al.* 2005); sin embargo se ha documentado que atrae plagas y es invasiva⁴. Por otro lado, *Z. longifolia* es un árbol nativo de Costa Rica que crece principalmente en las márgenes de los ríos y en zonas anegadas (Sánchez 2001). Esta es una especie de importancia ecológica, ya que posee un sistema radicular denso que amarra el suelo y actúa como dique natural contra la erosión (Sánchez 2001, Sánchez *et al.* 2006, Cerdán 2007).

Conclusiones

El método de criterio de expertos probó ser una herramienta eficaz para obtener información básica cuando la única fuente disponible es el conocimiento de los expertos.

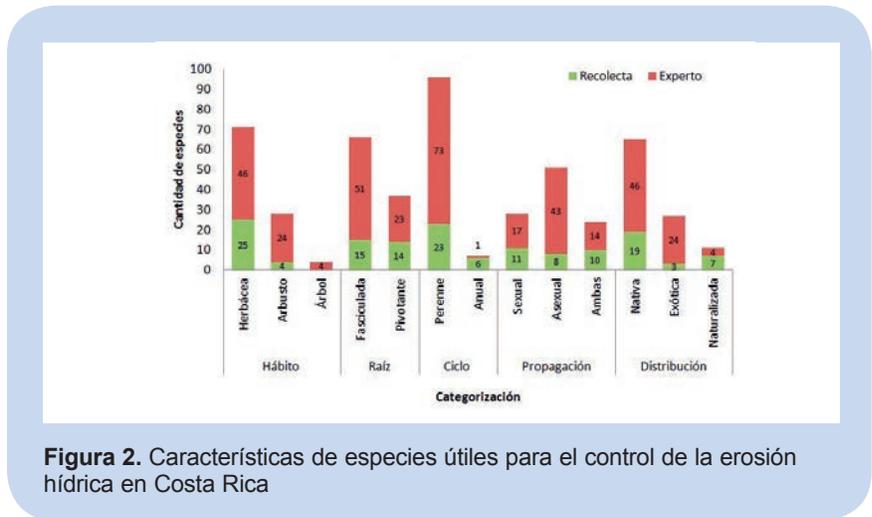


Figura 2. Características de especies útiles para el control de la erosión hídrica en Costa Rica



Presencia de *Yuca guatemalensis* (itabo) en taludes de ríos urbanos en el Valle Central, Costa Rica

Foto: Virginia Alvarado

³ Vargas, J. Mayo, 2010. Herbáceas con desarrollo radical fasciculado (Entrevista). San José. Costa Rica, Asecan

⁴ Barrantes, C. Mayo, 2010. Herbáceas con desarrollo radical fasciculado (Entrevista). San José. Costa Rica, Asecan.

Su manejo fácil y sencillo permite recabar múltiples datos en poco tiempo, lo que implica un ahorro de recursos. Sin embargo, por tratarse de opiniones, la información debe validarse en el campo y, además, se deben establecer y evaluar dispositivos experimentales.

La metodología de campo permitió recuperar información útil y comparable que, si bien procede de una microcuenca específica y en época seca, son datos de referencia para estudios similares en otras áreas del Valle Central.

En términos ecosistémicos, la amplia lista de especies nativas constituye una herramienta básica para la rehabilitación de taludes ribereños. Entre los criterios de selección de especies definidos como fundamentales están los siguientes: distribución nativa, hábito herbáceo o arbustivo, presencia de un sistema radicular profundo y fasciculado, cobertura (follaje) densa, tolerancia a condiciones desfavorables, rápida propagación, disponibilidad comercial y relación con el principal uso de suelo en el paisaje. Así, se logrará poner en práctica, alternativas sos-

tenibles y eficaces contra la erosión mediante métodos sencillos y de bajo costo.

Es recomendable que se evalúen las funciones de las plantas priorizadas por los expertos; entre ellas, eficacia como barrera de sedimentos, soporte en taludes, absorción de humedad y disminución de la escorrentía superficial.

Agradecimientos

Extendemos nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional por su apoyo y a todos los expertos que colaboraron en la realización de este estudio.

Literatura citada

- Alfaro, W. 2005. Conceptos básicos para el análisis social, económico, ambiental e institucional de la desertificación. *In* Morales, C.; Parada, S. (eds.). Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales. Santiago, Chile, ONU. 267 p.
- Bertrand, B.; Rapidel, B. 1999. Desafíos de la caicultura en Centroamérica. San José, Costa Rica, Centro de Cooperación Internacional de Investigación Agrícola para el Desarrollo. 496 p.
- Blasco, J.; López, A.; Mengual, S. 2010. Validación mediante método delphi de un cuestionario para conocer las experiencias e interés hacia las actividades acuáticas con especial atención al windsurf. *Ágora para la educación y el deporte* 12(1):75-96.
- Bochet, E.; García, P. 2004. Factors controlling vegetation establishment and water erosion on Motorway Slopes in Valencia, Spain. *Restoration Ecology* 12(2):166-174.
- Cerdán, C. 2007. Conocimiento local sobre servicios ecosistémicos de cafecultores del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 69 p.
- Ferrari, A.; Wall, L. 2004. Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. *Revista de la Facultad de Agronomía (Universidad Nacional de La Plata, Argentina)* 105(2):63-87.
- Garmendia, A.; Salvador, A.; Crespo, C.; Garmendia, L. 2005. Evaluación de impacto ambiental. Madrid, España, Pearson Educación S.A. 416 p.
- Imeson, A.; Curfs, M. 2008. La erosión del suelo (en línea). Lucinda 1:1-14. Consultado 11 setiembre 2012. Disponible en: <http://geografia.fch.unl.pt/lucinda/booklets/B1_Booklet_Final_ES.pdf>
- Keller, G.; Sherar, J. 2005. Ingeniería de caminos rurales: guía de campo para las mejores prácticas de gestión de caminos rurales. México, Instituto Mexicano del Transporte / Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 191 p.
- Laporte, G.; Porras, G. 2002. Uso de la vegetación para la estabilización de taludes. *In* Seminario Nacional de Geotecnia (8), Encuentro Centroamericano de Geotecnistas (3, 2001, San José, Costa Rica). 18 p.
- Lobo, S. 2009. Gramíneas (Poaceae) introducidas en Costa Rica. *Biocenosis* 22(1-2):73-78.
- Luna, P.; Infante, A.; Martínez, F.J. 2005. Los Delphi como fundamento metodológico predictivo para la investigación en sistemas de información y tecnologías de la información (IS/IT). *Revista de Medios y Educación* 26:89-112.
- Mivah (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos), Minaet (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones); PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2006. GEO. Gran Área Metropolitana del Valle Central de Costa Rica: Perspectivas del medio ambiente urbano. San José, Costa Rica. 264 p.
- Melgoza, A.; Ortega, C.; Morales, C.R.; Jurado, P.; Vélez, C.; Royo, M.H.; Quintana, G.; Lafóns, A.; Alarcón, M.T.; Bezanilla, G.; Pinedo, C. 2007. Propagación de plantas nativas para la recuperación de áreas degradadas: opción para mejorar ecosistemas. *Tecnociencia* 1(3):38-41.
- Porras, G. 2000. Uso de la vegetación para la estabilización de taludes. Tesis Lic. Ing. Civil. San José, Costa Rica, UCR. 114 p.
- Ragonessi, A.; Soto, D. 2010. Determinación de zonas amenazadas por movimientos en masa e inundaciones en las microcuencas del río San Antonio y del Estero Roncador. Tesis Ingeniería. Quito, Ecuador, Escuela Politécnica del Ejército. 173 p.
- Rivera, J.H.; Sinisterra, J.; Calle, Z. 2007. Restauración ecológica de suelos degradados por erosión en cárcavas en el enclave xerofítico de Degaua, Valle del Cauca, Colombia, CIPAV. 10 p.
- Rodríguez, C.; Sevillano, F.; Subramaniam, P. 1985. La fijación de nitrógeno atmosférico; una biotecnología en la producción agraria. Salamanca, España, Centro de Edafología y Biología Aplicada. 71 p.
- Romero, M.; Piedra, L.; Villalobos, R.; Marín, R.; Núñez, F. 2011. Evaluación ecológica rápida de un ecosistema urbano: el caso de la microcuenca del río Pirro, Heredia, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central* 47:41-70.
- Sánchez, P. 2001. Flórlula del Parque Nacional Cahuita. San José, Costa Rica, EUNED. 346 p.
- Sánchez, P.; Poveda, L.; Otárola, M. 2006. Proyecto etnobotánico en el Caribe norte de Costa Rica. Tortuguero, Costa Rica, UNA. 37 p.
- Sancho, F.; Cervantes, C. 1997. El uso de plantas de cobertura en sistemas de producción de cultivos perennes y anuales en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 21(1):111-120.
- Segura, S. 2005. Las especies introducidas, ¿son benéficas o dañinas? (en línea). Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. México. Consultado 26 agosto 2012. Disponible en: <<http://www2.ine.gov.mx/publicaciones/libros/467/segura.html>>
- Serrano, V.; Cano, M.A. 2007. Leguminosas de cobertura para reducir la erosión y mejorar la fertilidad de suelo de ladera. *Terra Latinoamericana* 25(4):427-435.
- Suárez, J. 2001. Control de erosión en zonas tropicales. Bucaramanga, Colombia, Universidad Industrial de Santander. 545 p.
- Zwart, M.; Rojo, J.; de la Cruz, R.; Yeomans, J. 2005. Coberturas y la salud del suelo. *Tierra tropical* 1(1):9-20.