

# Evaluación multivariada de dos métodos de estabilización vegetativa de laderas en el estado de Chiapas

Zaira Selene Cruz González<sup>1</sup>, Raúl González Herrera<sup>1</sup>  
Miguel Ángel Pérez Farrera<sup>1</sup>, Carlos Manuel García Lara<sup>1</sup>  
Jorge Antonio Paz Tenorio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente 1150. Ciudad Universitaria, Colonia Caleras Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, e-mail: zasecruz7@gmail.com

## RESUMEN

El proceso de erosión está interrelacionado con el clima, suelo, topografía, cobertura vegetal y las prácticas de conservación que se desarrollen en las laderas. En el estado de Chiapas, las causas que generan mayor erosión del suelo son las actividades agrícolas, ganaderas y la deforestación; este efecto produce problemas que disminuyen la sustentabilidad del suelo en las laderas. El empleo de barreras vivas se considera como una de las técnicas menos agresivas para el medio ambiente que ayuda a disminuir la erosión del suelo, lo que se refleja en la conservación del suelo y agua, actuando como barreras que impiden el arrastre de sedimentos; es de bajo costo y presenta un diseño de fácil aplicación y mantenimiento. Se analizaron dos estudios realizados en el estado de Chiapas que evalúan los métodos de cultivos en laderas y que emplean barreras vivas, un estudio en la región Fraylesca y el segundo estudio se ubica en el municipio de Jiquipilas. En estos estudios se observó que las barreras formadas obstaculizan la escorrentía del agua y con esto que los sedimentos sean transportados, lo que disminuye la pérdida de suelos en las laderas.

**Palabras clave:** barreras vivas, control de la erosión, Chiapas

## ABSTRACT

The erosion process is interrelated with the climate, soil, topography, vegetation coverage and conservation practices that take place on the slopes. In the state of Chiapas, the causes that increase soil erosion are the agricultural, livestock and deforestation; this effect causes problems that decrease the sustainability of soil on the slopes. The use of live barriers is considered as one of the least invasive techniques for the environment that helps reduce soil erosion, which is reflected in the conservation of soil and water, acting as barriers to sediment; it is inexpensive and it presents a design of easy implementation and maintenance. Two studies in the state of Chiapas assessing methods of crops on slopes and the use of live barriers were analyzed; the first studio is located in the Fraylesca region. The second study is located in the town torrent of Jiquipilas. As a result it was observed that the formed barriers do not allow water torrent to transpert sediments, which decreased soil loss on slopes.

**Key words:** live barriers, erosion control, Chiapas

## INTRODUCCIÓN

El proceso de erosión hídrica en laderas se acentúa dependiendo de la precipitación y el escurrimiento de suelos que se presenten en una región determinada (Andrade y Rodríguez, 2002). De acuerdo con la FAO (1977), el proceso de erosión está interrelacionado con el clima, suelo, topografía, cobertura vegetal y las prácticas de conservación que se desarrollen en las laderas; y es considerado como un proceso que provoca la pérdida de los servicios ambientales indispensables para mantener la sustentabilidad de las tierras (SEMARNAT, 2013).

El problema de la erosión hídrica se acrecienta cuando existen pendientes fuertes, longitudes de ladera considerables, así como una estructura del suelo débil con poca consolidación geológica y sobretodo una falta de cobertura vegetal que amortigüe la intensidad de la energía de la lluvia y los escurrimientos que se generan al producirse esta (Cruz y Mota, 2001).

En México, el 11.9% del territorio nacional se encuentra afectado por problemas intensos de erosión hídrica, que se deriva de diversas causas, entre ellas la agricultura, el pastoreo, la pérdida de cobertura vegetal y la sobreexplotación de la vegetación, la urbanización, así como las actividades industriales (SEMARNAT, 2013).

En el estado de Chiapas, las causas que generan mayor erosión del suelo son las actividades agrícolas, ganaderas y la deforestación (SEMARNAT, 2013); este efecto produce problemas que disminuyen la sustentabilidad del suelo en las laderas (Camas Gómez *et al.*, 2012) debido a que el territorio chiapaneco presenta una orografía accidentada (pendientes mayores a 15° y amplias longitudes de ladera) que incrementa el riesgo de presentar alta y muy alta pérdida de suelo por erosión hídrica. De acuerdo con los datos presentados por la SEMARNAT (2013) se han perdido 324.71 ha de suelo en el periodo comprendido entre 2002 y 2012.

Entre los años 2002 y 2012, Chiapas perdió el 204,972.29 ha de su cobertura vegetal natural a causa de incendios forestales, de las cuales el 62.5% se tratan de pastizales, esta superficie no incluye la superficie perdida por las actividades agrícolas, ganaderas, urbanización y otras actividades que provocan el cambio del uso de suelo natural (SEMARNAT, 2013).

La pérdida de la cobertura vegetal da como resultado una mayor exposición del suelo al impacto de la energía cinética de las gotas de lluvia que provocan el incremento de la escorrentía del agua en las laderas que presentan fuertes pendientes. Esta pérdida de suelo se aumenta en regiones tropicales por los altos índices de precipitación y la presión que tienen los suelos por las diversas actividades antrópicas (Cruz y Mota, 2001).

La importancia de la cobertura del suelo para mitigar la erosión es bien conocida (Morgan, 2005; De Baets *et al.*, 2006) whereas little attention has been given to the role of below ground biomass. Yet, in a context where above ground biomass may temporarily or spatially disappear (e.g. due to fire or grazing, algunos estudios muestran que las gramíneas pueden ser muy eficaces para el control de la erosión, ya que presentan un rápido crecimiento que promueve la recuperación de la cubierta vegetal completa y perenne (Gyssels y Poesen, 2003).

Una barrera viva funciona como un método de control de erosión del suelo integrando elementos naturales al medio ambiente, de fácil aplicación en laderas y mantenimiento, además de presentar una eficiencia alta (Andrade y Rodríguez, 2002). Es por eso que se considera como una de las técnicas menos agresivas para el medio ambiente que ayuda a disminuir la erosión del suelo, lo que se refleja en la conservación del suelo y agua, actuando como barreras que impiden el arrastre de sedimentos. Esta tecnología presenta una alta eficiencia puesto que es una práctica que se puede reproducir en climas tropicales, es de bajo costo y presenta un diseño de fácil aplicación y mantenimiento.

Esta tecnología se aplicó por primera vez en 1970 por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IIAT), que buscaba obtener mejores resultados al aplicar una técnica viable en áreas con alta humedad; en México, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) desarrolló un programa en donde se establecieron terrazas de muro vivo de *Gliricidia sepium* en Veracruz, de dicho programa se obtuvieron buenos resultados al contener hasta 937 m<sup>3</sup>/ha de suelo (Andrade y Rodríguez, 2002; Cruz y Mota, 2001; García, 2011).

La construcción de barreras vivas como un mecanismo en contra de la erosión es un método que hace uso de especies de plantas perennes y de crecimiento abundante, que sean aptas para el sitio donde se pretenden implementar (Valarezo, 2000 citado por Ponce-Intriago y Cevallos-Navarro, 2005). Las especies que mejor responden al control de la erosión de los suelos son las especies de gramíneas (León Peláez, 2001).

Es por lo anterior que el presente documento se basa en el análisis de la viabilidad de esta técnica, para estabilizar cortes carreteros en el estado de Chiapas; a través del estudio multivariado de dos investigaciones realizadas en dos diferentes regiones, que aplican el método de barreras o muros vivos, que ayudan a minimizar los problemas erosivos que atentan con la estabilidad de las laderas generadas por la construcción de caminos urbanos y rurales.

## METODOLOGÍA

En el presente estudio se realiza una comparación entre los valores de la eficiencia de retención de suelos y la disminución de la escorrentía de las diferentes técnicas que se aplicaron en dos estudios realizados en el estado de Chiapas.

El primer estudio se efectuó en la zona de la Frailesca en el estado de Chiapas, ubicado en la región de la Sierra Madre de Chiapas y la Depresión Central. El sitio de estudio presentaba una pendiente del 9%, con suelo tipo fluvisol con textura franca, moderada permeabilidad y drenaje superficial, aumentando el drenaje interno. En el estudio se implementaron tres tratamientos en parcelas de 40 x 150 m (6,000 m<sup>2</sup>); el primero se trata de un testigo que implica al sistema tradicional de cultivo de maíz (*Zea mays*) que no aplica movimiento de suelo excepto durante la siembra de las semillas; el segundo tratamiento aplicó las barreras vivas de cocoite (*Gliricidia sepium*) sembrando las semillas continuando la curva de nivel con 14 m de distancia entre barreras, surcando el contorno, haciendo un movimiento de tierra a favor de la pendiente (figura 1). Finalmente, el tercer tratamiento aplicó la labranza

de conservación que realizó una siembra en hileras, sin hacer limpieza, labranza o fertilización, pero con una cobertura de 3 ton/ha de residuos sobre la superficie (Cruz y Mota, 2001).

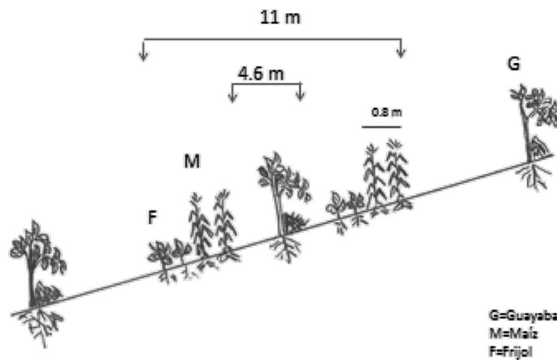


FIGURA 1

Diseño del establecimiento del sistema milpa intercalada con árboles frutales empleados en el control de la erosión (Cruz y Mota, 2001).

El segundo estudio se llevó a cabo en el municipio de Jiquipilas, en donde se estudiaron áreas más amplias, ya que el análisis abarcó tres microcuencas pertenecientes al río Catarina, dicha zona presenta un clima cálido, con precipitaciones de 1,055 mm, pendientes entre 30-40%, con suelos Typic Haplustepts, siendo de textura ligera, alta compactación y drenaje, contiene materia orgánica en niveles moderados. Se estudiaron tres sistemas agrícolas que consistieron en: 1) milpa intercalada con árboles frutales; 2) maíz con barreras de muro vivo; 3) maíz en labranza de conservación. Los tres tratamientos presentaban semejanzas en el manejo del suelo, entre las cuales están la no roturación del suelo, el uso de herbicidas y la conservación del rastrojo como cobertura que hace más densa la cobertura vegetal (Camas Gómez *et al.*, 2012).

Se evaluaron analíticamente ambos estudios, tomando en cuenta que sus áreas, ubicación y pendientes difieren, no obstante se consideró que debido a la homogeneidad de los suelos y precipitación se puede evaluar la eficiencia del método para condiciones similares en el estado de Chiapas. Se empleó una base de datos en Excel y en este mismo software se desarrollaron las gráficas y la correlación de los puntos obtenidos.

## RESULTADOS

Los métodos de labranza tradicional aplicados en el primer estudio, muestran que el suelo expuesto a la in-

temperancia y sin presentar tratamiento alguno, presenta mayor escurrimiento del agua (439.7 mm), tal como lo indican Cruz y Mota (2001) la ausencia de la cobertura vegetal y las fuertes precipitaciones (1,434 mm anuales) provocaron que exista una pérdida de suelo de 7.9 ton/ha. En tanto los métodos que aplicaban cierta cobertura del suelo ya sea con individuos arbóreos o residuos sobre el suelo impidieron que las partículas del suelo se desplacen hacia áreas bajas, que como indica Hudson (1982) las barreras formadas no permiten que la escorrentía del agua transporte los sedimentos erosionando el suelo. La eficacia de los métodos de barreras vivas de cocoite con surcado al contorno y labranza de conservación marcaron una mejoría de 45.6% y 49%, respectivamente, en cuanto a la retención de sedimentos.

En el segundo estudio emplearon técnicas que permiten mantener mayor retención de suelos, como son los métodos de milpa intercalada con árboles frutales y maíz con barreras de muro vivo, ambos métodos presentaron 32.9 y 30.4% de eficacia de escurrimiento con respecto al escurrimiento que se generó en el método de maíz en labranza de conservación. Este último método provocó la pérdida de 16.8 ton/ha de suelo, con fuertes precipitaciones que llegaron a 1,055 mm de lluvia. La eficiencia del método que incluye el establecimiento de franjas de cultivo de frijol y líneas de árboles frutales, retiene un mayor volumen de sedimentos debido a su cercanía entre tallos de los frijoles y la cobertura que brinda el arbolado protege al suelo del golpe de las gotas de lluvia y el arrastre de partículas de suelo disminuye.

La tabla 1, refleja que los métodos que emplean las barreras vivas tienen mayores eficiencias, ya que ayudan a disminuir la pérdida de suelos en las laderas por hectárea. El método de Labranza de conservación (LC), si bien ayuda a disminuir el escurrimiento debido al diseño de siembra en hileras, tiene un coeficiente de escurrimiento mayor al método que emplea barreras vivas. No obstante, no genera más erosión debido a los diversos obstáculos que tienen que sortear los escurrimientos debido a la precipitación, lo que redundaría en pérdida de energía cinética de los flujos superficiales, por la importante participación del rastrojo.

La participación del rastrojo (maleza que se genera de manera natural) en la reducción de la erosión en las laderas carreteras del estado de Chiapas será más útil conforme avance el tiempo de establecimiento de las barreras vivas. En la tabla 1, se observa que la participación de árboles o especies vegetales mayores no necesariamente aumenta considerablemente la conservación del suelo superficial, pero emplear barreras vivas que tengan raíces

profundas y fuertes ayudarán a que la estabilidad de la ladera y el tiempo de vida de las barreras colocadas pueda ser mayor. Estas variables permiten estabilizar laderas que presentan mayor longitud y pendiente.

La tabla 1, también permite observar que las laderas que se emplean para sembrar maíz y que no consideran

medidas de control de la erosión aportan las mayores pérdidas de suelos orgánicos, lo que redundará en el empobrecimiento de la fertilidad de la ladera y la alta probabilidad de ser abandonada tras una o dos cosechas, lo que potenciará su erosión en el futuro.

AUTORES	MÉTODO	ESCURRIMIENTO (mm)	EFICIENCIA (%)	SUELO PERDIDO (ton/ha)	COEF. ESCURRIMIENTO
Cruz y Mota (2001). La Fraylesca	Sistema tradicional (ST)	439.7	0.0	7.9	0.22
	Barreras vivas de cocoite con surcado al contorno (Bv-Sc)	239.1	45.6	2.9	0.19
	Labranza de conservación (LC)	223.9	49.0	2.4	0.23
Camas Gómez et al. (2012). Jiquipilas	Maíz en labranza de conservación (MLC)	205.0	0.0	16.8	0.19
	Maíz con barreras de muro vivo (MBMV)	142.7	30.4	6.3	0.13
	Milpa intercalada con árboles frutales (MIAF)	137.5	32.9	5.8	0.12

TABLA 1

Resultados obtenidos por los diversos métodos empleados para el control de la erosión en laderas en el estado de Chiapas.

En la figura 2, se muestra el porcentaje de eficiencia alcanzado por cada uno de los tres métodos empleados en los estudios presentados, en ella se aprecia que los métodos de manejo del suelo que implican el sistema tradicional y el cultivo de maíz en labranza de conservación presentan altos niveles de pérdida de suelos, por lo cual resultan ser los métodos menos eficientes; caso contrario sucede con los métodos que implican mayor cobertura del suelo, que disminuyeron la pérdida de suelos en las laderas.

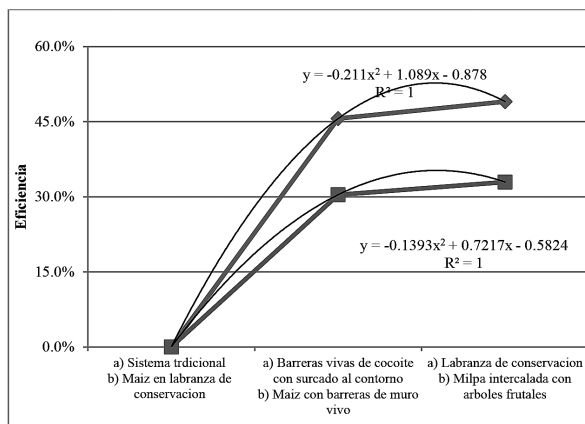


FIGURA 2

Comparación de la eficiencia de la retención de suelos de cada uno de los métodos usados; a) Cruz y Mota (2001), b) Camas Gómez et al. (2012).

Ambos estudios presentan un comportamiento de la eficiencia muy similar, ya que presentaron valores de R2 iguales a 1 y las ecuaciones de ambos fueron polinómicas de segundo grado, lo que indica que entre mayor cobertura presente el suelo, menores pérdidas de sedimentos se tendrán en la ladera. No obstante, entre mayores y más profundas sean las raíces, mayor será la resistencia de la barrera y la estabilidad general de la ladera ante procesos de remoción de masas.

## CONCLUSIONES

La producción de sedimentos está relacionada estrechamente con la precipitación, pendiente y cobertura de suelos, sin embargo, las prácticas de manejo de suelos aumentan o disminuyen la pérdida de suelos (Jones *et al.*, 1992) "event": "Taller sobre la Utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG. De acuerdo con lo anterior, ambos proyectos manejan un descenso de escurrimiento y pérdida de suelos cuando la cubierta vegetal y la eficiencia van en aumento.

Los dos estudios muestran que los métodos que no dan mayor tratamiento al suelo durante las labores de cultivo y lo mantienen expuesto a las inclemencias del tiempo resultan en la degradación del mismo y mayor erosión. Lo cual se aplica directamente a las laderas carreteras que quedan expuestas a la inclemencia sin ningún tratamiento.

En cuanto a los métodos que aplican sistemas de siembra en hileras y apoyados por barreras vivas, aumentan la retención de suelo y disminuyen la velocidad de escurrimiento del agua en las laderas, lo que permite que menor producción de sedimentos, dando como resultado las mayores eficiencias.

Los estudios presentan diferentes pendientes que van de moderadas a importantes (9%, 30% y 40%), lo cual habla de la versatilidad de los sistemas de barreras vivas. La intensidad de la lluvia provocó un proceso de erosión que se intensifica cuando la cobertura vegetal existente en el suelo es minoritaria. Los métodos que hacen uso de las barreras vivas presentan mayor eficiencia para disminuir la degradación de los suelos, siempre y cuando la profundidad de las raíces sea tal que empaquete el suelo que puede ser removido.

## LITERATURA CITADA

- ANDRADE, B. O. C. y P. O. S. RODRÍGUEZ, 2002. Evaluación de la eficiencia de barreras vivas como sistemas de conservación de suelos en ladera. *Bioagro*, 14 (3): 123–133 p.
- CAMAS-GÓMEZ, R., A. TURRENT-FERNÁNDEZ, C. FLORES, J. ISABEL, M. LIVERA-MUÑOZ, A. GONZÁLEZ-ESTRADA y P. CADENA-IÑIGUEZ, 2012. Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3 (2): 231–243.
- CRUZ, M.E.R. y J.L.O. MOTA, 2001. Eficiencia de dos prácticas productivo-conservacionistas controlar erosión de laderas en el trópico. *Agrociencia*, 35(5), 489-495. Consultado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30235502>
- DE BAETS, S., J. POESEN, G. GYSSELS & A. KNAPEN, 2006. Effects of grass roots on the erodibility of topsoils during concentrated flow. *Geomorphology*, 76(1–2), 54–67. Consultado en: <http://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.10.002>
- FAO, 1977. *Soil conservation and management in developing countries*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. No. 33; 208 p. Consultado en: <http://www.fao.org/docrep/018/ar113e/ar113e.pdf>
- GARCÍA, G., 2011. *Buenas prácticas*. Programa Extraordinario de Apoyo a la Seguridad Alimentaria y Nutricional. FAO. Consultado en: <http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/10/13195641664990/barrerasfinal.pdf>
- GYSSELS, G. y J. POESEN, 2003. The importance of plant root characteristics in controlling concentrated flow erosion rates. *Earth Surface Processes and Landforms*, 28(4), 371–384. Consultado en: <http://doi.org/10.1002/esp.447>
- HUDSON, N., 1982. *Conservación del suelo*. Reverte.

- JONES, C.A., R.H. GRIGGS, J.R. WILLIAMS y R. SRINIVASAN, 1992.** Predicción de la erosión hídrica y eólica del suelo. En *Erosión de suelos en America Latina*. Santiago de Chile: FAO. Consultado en: <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S03.htm#Predicción de la erosión hídrica y eólica del suelo>
- LEÓN-PELÁEZ, J.D., 2001.** *Estudio y control de la erosión hídrica*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, Colombia. Consultado en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/10407/>
- MORGAN, R. P. C., 2005.** *Soil Erosion and Conservation* (3ra edición). Consultado en: <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-1405117818.html>
- PONCE-INTRIAGO, M.S. y M.I. CEVALLOS-NAVARRO, 2005.** *Protección de taludes en la obra: alojamiento temporal para la zona rural del Cantón Portoviejo - Manabí, con barreras vivas de Plantas vetiver (Vetiveria zizanioides)* (Licenciatura). Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. Consultado en: <http://repositorio.utm.edu.ec/handle/50000/207>
- SEMARNAT, 2013.** *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental*. (No. Edición 2012). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado en: [http://appl.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/index.html](http://appl.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/index.html)
- VALAREZO, C., 2000.** *Sistematización de Experiencias de Barreras Vivas, Barreras de Piedras y Zanjas de Absorción*. Care.