

---

# **Evaluación de las especies vegetales *Chrysopogon zizanioides*, *Cynodon plectostachyus*, *Calathea lutea*, *Bambusa spp*, *Brachiaria decumbens* y *Arachis pintoii* en la estabilización de taludes erosionados**

---

---

*Evaluation of plant species *Chrysopogon zizanioides*, *Cynodon plectostachyus*, *Calathea lutea*, *Bambusa spp*, *Brachiaria decumbens* and *Arachis pintoii* in the stabilization of eroded slopes*

---

***Rubén Darío David Giraldo<sup>1</sup>, María Isabel Cadavid Álvarez<sup>2</sup> y Ana María Villegas Valencia<sup>2</sup>***

---

1 Ingeniero agrónomo, magíster en geomorfología y suelos, docente Universidad Católica de Oriente UCO. ORCID: 0000-0002-3643-2046.

2 Agrónomas Universidad Católica de Oriente UCO, isabel.alvarez9511@gmail.com; anaMariavillegasvalencia@gmail.com

---

---

## Resumen

---

El estudio se realizó en el municipio de San Vicente Ferrer Antioquia, (coordenadas 6°17'28.99" N 75°14'15.23" O), en un talud erosionado con un área de 96 m<sup>2</sup> y una pendiente mayor a 100 %. El área se distribuyó en dos partes iguales (de 48 m<sup>2</sup>), una para el testigo y otra para los tratamientos. Los tratamientos correspondieron a la realización de terrazas una distancia entre ellas de 1 metro (m), y se sembraron las especies a evaluar. Para llevar a cabo la investigación, se instalaron 12 marcos de madera (6 para el testigo y 6 para el tratamiento); cada marco se adecuó con un sistema constituido por marco-sifón-recipiente donde el agua y los sedimentos que se removían al interior del marco llegaban al recipiente, y se recolectaba cada 15 días,

se cuantificaba el suelo desplazado, por un periodo de 12 meses, dicho suelo removido se pesaba y se secaba en un horno a 105°, para obtener la masa de suelo seco removido. Después del año, se encontró que las especies que mayor adaptabilidad evidenciaron fueron *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver) y *Brachiaria decumbens* (*Brachiaria*), ya que presentaron un 100 % de cubrimiento del área y sobrevivencia. En cuanto a la erosión del suelo, se encontró que el tratamiento con las terrazas y especies vegetales, durante el periodo monitoreado tuvo una retención del 59 %, correspondiendo a 65,9 toneladas ha<sup>-1</sup>, comparado con el testigo donde se presentó una pérdida anual de 159 toneladas ha<sup>-1</sup>.

---

### Palabras clave

---

Erosión, Talud, Bioingeniería, Estabilización.

---

---

## Abstract

---

The following study was carried out in the municipality of San Vicente Antioquia, (GPS coordinates 6°17'28.99" N 75°14'15.23" O), with a total area of 96 m<sup>2</sup> and a slope greater than 100 %. The study area was distributed in two equal parts, one for the control and the other the treatment, in the latter were made terraces of 1 meter (m), in the face of the slide the following plant species. To carry out the experimental design, 12 wooden frames were installed (6 for the control and 6 for the treatment), each frame was adapted with a system consisting of a frame-siphon-vessel where the water and sediments to be removed were collected, the displaced soil

was quantified every 15 days, the data were taken for a period of 12 months (1 year), the collected soil was weighed and dried in an oven at 105°, resulting in the final data the mass of dry soil removed. After the year, the species that showed the greatest adaptability were *Chrysopogon zizanioides* (Vetiver) and *Brachiaria decumbens* (*Brachiaria*), as they presented a 100 % coverage of the area and survival, as far as soil erosion was found that the treatment with terraces and plant species, during the monitored period had a retention of 59 % corresponding to 65,9 tonnes ha<sup>-1</sup>, compared to the witness where there was an annual loss of 159 tonnes ha<sup>-1</sup>.

---

## Keywords

---

Erosion, Slope, Bioengineering, Stabilization.

---

## Introducción

El suelo es un recurso natural no renovable, el cual sirve como soporte a los ecosistemas terrestres, ya sean naturales o productivos (Alonso y otros, 2011). Del estado de conservación del suelo dependen distintos factores, no solo en relación con la productividad agrícola, si no también socioeconómicos y culturales. Uno de los principales problemas que presenta este recurso es la pérdida por erosión, la cual puede presentarse por acciones del agua, viento, intervención humana, entre otras (Alba Alonso y otros, 2011).

Una de las consecuencias relevantes en la erosión es la degradación de su estructura y pérdida de sus nutrientes y componentes naturales, afectando así todas las funciones productivas del suelo (Alba Alonso y otros, 2011). A nivel mundial, se presentan cifras significativas de pérdidas de suelo por erosión que afectan a más de 1900 millones de hectáreas (IAEA, 2019).

A nivel del país (Colombia), como consecuencia de las condiciones climáticas, geográficas y de distintos usos del suelo, frecuentemente se presentan problemas de erosión y pérdida de suelos e infraestructura, lo cual, según Torres, López, García, Arciniegas, & Sánchez (2015), se debe entre otras razones al aumento poblacional, negligencia en los manejos, y desgaste o mal uso de recursos naturales.

Según lo reportan distintas entidades oficiales, se presenta una alta degradación de suelos, a saber: 45 377 070 ha (40 % de la superficie continental de Colombia), de las cuales el 20 % se encuentran en un grado de erosión ligera, el 17 % en grado de erosión moderada, y el 3 % en grado de erosión severa y muy severa. Se ha observado que estos procesos erosivos y pérdida de suelo son en gran parte por actividades antrópicas como extracción de minerales (minería), prácticas agrícolas y pecuarias sin control, deforestación en zonas de ladera, construcción de infraestructuras (vías, hidroeléctricas, etc.), crecimiento urbanístico, entre otras. Las consecuencias más frecuentes se pueden apreciar mediante inundaciones de poblados o asentamientos humanos que en ocasiones han generado afectación de la integridad de las personas, muerte, desapariciones, pérdida de bienes materiales y económicos, depreciación de la "tierra", pérdidas de cultivos y zonas ganaderas, pérdidas de bienes materiales y afectaciones al medio ambiente en general (Giraldo, 2017).

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2015), los daños afectan la composición física, química y biológica, generando consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales (IDEAM; Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales [UDCA], 2015; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

[MADS], 2014). En el departamento de Antioquia, y en especial en el área en jurisdicción de CORNARE, el relieve está compuesto principalmente por altiplanos colinados, denominados como superficie de erosión (Arias, 1995). De acuerdo con un estudio geomorfológico realizado en el municipio de San Vicente, la superficie de erosión abarca el 60 % del territorio (Cornare-Gobernación de Antioquia, 2011).

En la actualidad, se busca encontrar herramientas que controlen dicha situación. Una de estas ha sido la implementación de la vegetación y la bioingeniería, que comprende el uso de especies vivas para control de la erosión de suelos y la estabilización de taludes, combinando prácticas clásicas de la ingeniería tradicional, con la introducción de organismos vivos como plantas, algas, líquenes y microorganismos. Para el uso de plantas, es importante que estas sean pioneras, es decir que sean de rápido crecimiento y de fácil multiplicación, y que a su vez las raíces proporcionen amarre al suelo y resistencia a los deslizamientos, como ejemplares se encuentran las gramíneas, leguminosas y otras, que sus raíces pueden tener profundidades de un metro o superior. (Mendoza, 2011)

Generalmente, la revegetalización es un método eficiente para el control de la erosión en cárcavas, reduciendo el impacto de la lluvia, ayudando a aumentar la resistencia hidráulica del terreno; como ejemplares encontramos el grupo de las gramíneas, las cuales reportan una reducción entre el 50 y 60 % de escorrentía, y las leguminosas que logran reducir las pérdidas por erosión hasta un 75 % o superior (Morgan, 1986).

Diferentes estudios, como el de Díaz Mendoza (2011), titulado "Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización", hacen énfasis en las metodologías aplicadas a la bioingeniería para el control de la erosión, debido a los diversos problemas ambientales, cambios y alteraciones que afectan el geo ecosistema, siendo la vegetación una de las técnicas con mejores resultados para control donde la disminución de la escorrentía y la erosión. Para ello se usan pastos como el vetiver, bambú o guadua y árboles.

Para Giraldo (2017), la práctica más común de mejor comportamiento en la estabilización de taludes consiste en los cubrimientos densos con especies de rápido crecimiento, especialmente gramíneas, las cuales hacen enmallado de raíces superficiales y evitan la salida de las partículas de menor tamaño. Además, se recomienda hacer una segunda siembra con especies protectoras que funcionan como barreras vivas de leguminosas, beneficiando el suelo con microorganismos benéficos que mitigan la escorrentía causada por la precipitación.

Teniendo en cuenta lo anterior, se formuló este proyecto con el objetivo de implementar un manejo y estabilización de taludes con técnicas de bioingeniería, con diferentes especies vegetales, algunas nativas, otras introducidas en la región, pero que presentan características de alta adaptabilidad en la zona, que son conocidas por sus beneficios

en prevención de erosión y no representan riesgos de ser invasoras, combinando las prácticas tradicionales de la ingeniería con técnicas de bioingeniería y fitorremediación de condiciones físicas que ayuden a prevenir y contener las pérdidas de suelos (erosión), de bajo costo y de fácil aplicación.

## Metodología

### Área de estudio

El trabajo se realizó en el predio San German, ubicado en la vereda Potreritos en las siguientes coordenadas 6°17'28.99" N 75°14'15.23" O, del municipio de San Vicente Ferrer Antioquia; esta zona presenta una topografía irregular e inclinada, una temperatura entre los 12 a 22°C. La precipitación anual es de 4800 mm al año, ya que es influenciada por la zona de embalses "Peñol-Guatapé"; se encuentra a una altitud de 2200 msnm y en la que predomina el clima frío (Alcaldía municipal de San Vicente Ferrer-Antioquia, 2020). El predio presenta diferentes zonas erosionadas o con susceptibilidad; allí se seleccionó un talud en la vía interna de acceso, con un área total de 96 m<sup>2</sup>, donde se destinó la mitad para tratamiento (48m<sup>2</sup>) y la otra se dejó como testigo absoluto.

En el lugar seleccionado se caracterizó el suelo mediante descripción del perfil de meteorización, textura, estructura, etc., se estimó la pendiente (inclinación), se observó el movimiento del agua de escorrentía superficial mediante las zanjas, surcos o desagües, se

evaluó la cobertura vegetal y finalmente se identificaron las actividades antrópicas del predio y puntualmente, de la zona de estudio.

### Desarrollo de labores de contención de suelo

Una vez caracterizada la zona, se procedió con la realización de labores que permitieron la estabilización del talud, a saber:

Elaboración de terrazas de contención con curvas a nivel en la parte del tratamiento, que correspondía a media cara del deslizamiento, con distanciadas entre las terrazas de un metro (1 m) entre ellas, con materiales propios del predio como estacones y ramas de pinos secos, guadua, restos de aserrado de madera "orillos", entre otras.

Se elaboraron 8 terrazas, cada una en promedio de 5 metros lineales, donde se sembraron en total 50 plantas de vetiver, 2 kg de semilla sexual de *Brachiaria*, 15 kilogramos de semilla asexual de estolones de pasto estrella, 20 plantas de bambú, 20 de bijao y 15 kg de maní forrajero (estolones).

La siembra de las especies se realizó de forma directa y cada una de estas se recolectó en diferentes lugares: el bijao (*Calathea lutea*) fue recogido cerca al sitio de investigación con condiciones edáfico climáticas similares, el bambú (*Bambusa spp*) fue recolectado en el campus de la Universidad Católica de Oriente, el pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) se recolectó en el municipio de Marinilla, con condiciones similares al sitio del experimento, el maní forrajero (*Arachis pintoii*) se tomó del

mismo predio, el vetiver se recolectó en el municipio de Rionegro, pero se multiplicó por esquejes y se enraizó en recipientes con suelo en el mismo predio hasta que estaban en su punto para trasplante, y finalmente, la especie que se sembró sexualmente con semilla certificada fue *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens*).

Una vez colectado el material vegetal, y obtenida la semilla sexual, se procedió con la siembra así: en las terrazas elaboradas se plantaron con abono orgánico certificado a una dosis de 20 gramos por planta y alternadas las especies vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens*) con el fin de poblar la cara del deslizamiento, en las terrazas y en los espacios entre estas.

En los alrededores o la periferia del talud en tratamiento, se sembró alternadas las especies bambú (*Bambusa spp*), bijao (*Calathea lutea*) y maní forrajero (*Arachis pintoii*), con el fin de estabilizar el entorno.

**Medición de suelos removidos:** para comparar los efectos de los tratamientos, se tuvo un talud testigo. En cada área a evaluar (tratamiento y testigo) se dispuso de a 6 marcos (para un total de 12), de dimensiones de un metro cuadrado (1m<sup>2</sup>), y de 10 centímetros de alto o espesor, los cuales tenían como función capturar el agua y los sedimentos que se removieron dentro de este; a su vez se conectaron con un sifón o drenaje que se comunicaba con un recipiente de capacidad de 20 litros de volumen,

garantizando un sellado en este sistema constituido por marco-sifón-recipiente para evitar ingresos adicionales o pérdidas (figura 1), de esta manera se pudo cuantificar quincenalmente el suelo desplazado. Dichos marcos de captura tuvieron una distribución espacial matemática de tres metros de distancia entre ellos, tanto verticales, como horizontales, para tener una distribución uniforme, cubriendo la totalidad del área.

**Figura 1**

Talud de investigación, con tratamientos y testigo



**Nota.** Fotografía de Cadavid, Villegas, (2020).

**Monitoreo, evaluación de pérdida de suelo y adaptabilidad de especies vegetales:** una vez elaboradas las terrazas y realizada la siembra de las especies, se realizó un monitoreo con una frecuencia quincenal, donde se evaluó la remoción de suelos o pérdida de este en cada recipiente, este se colectaba, se tamizaba en un tamiz de 1-2 mm de diámetro con el fin de drenar la mayor cantidad de agua

posible, se pesaba y una porción de este en el laboratorio se secaba en una deshidratadora a 105° Celsius durante 36 horas, la cual automáticamente determinaba la humedad, mediante el peso inicial y el peso final, con estos datos de humedad y masa de suelo seco, se extrapolaba a la cantidad de suelo, estos datos fueron tomados y copilados por doce meses (1 año) en una base de datos. Debido a que en cada marco se tenía un metro cuadrado (1m<sup>2</sup>), y se sabía el número de marcos en cada área del tratamiento y del testigo, con los datos obtenidos, se procedió a extrapolar o determinar la cantidad de suelo removido por hectárea en un año.

Para determinar el porcentaje de cobertura y supervivencia en el área cubierta de las terrazas, se tuvo en cuenta el número de plantas y el porcentaje de cubrimiento del área tratada en el marco real de 1m<sup>2</sup>, en el cual se colectaba el material removido.

### **Modelo estadístico**

Con los datos obtenidos se procedió a determinar la ecuación matemática que mejor explicaba los datos o el comportamiento de la remoción de suelos, a saber:

$Y = ae_{bx}$  (Ecuación exponencial)

$Y = ax + b$  (Ecuación lineal)

$Y = a \log(x)$  (Ecuación logarítmica)

$Y = ax_2 + bx + c$  (Ecuación polinómica)

Donde

Y= variable dependiente (erosión del terreno)

X= variable independiente (tiempo de estabilización)

a, b, c y d son valores constantes de la ecuación.

Los modelos de regresión se utilizaron para determinar cuál se adaptó mejor a los datos tomados.

## **Resultados y discusión**

### **Características del talud intervenido**

El área de estudio seleccionada cuenta con una inclinación de la pendiente mayor a 75 % (45°) y una precipitación anual de 4800 mm<sup>3</sup>. Se determinó que el horizonte que predomina en el perfil del suelo es el horizonte C o saprolito/regolito de 6 m de espesor (roca altamente meteorizada) con poca cohesión entre sus partículas, de textura arenas gruesas y gravas, además, dicho perfil no tenía cobertura vegetal, ya que toda se había removido con el suelo por movimiento en masas, las intervenciones que se habían realizado correspondían a apertura de carretera, la cual le quitó el apoyo o soporte al talud, lo cual junto al tipo de suelos, favoreció el movimiento en masa. También se encontró que en el predio se realizaban actividades pecuarias y pastoreo extensivo, por lo que el manejo de aguas de escorrentía era deficiente, ya que el agua se movía libremente por el perfil del suelo en la cara de deslizamiento y causaba erosión por surcos verticales (en favor de la pendiente), removiendo así el suelo y favoreciendo los movimientos de masa.

A nivel de crecimiento y adaptación vegetal, se encontró que, de las seis especies plantadas, dos tuvieron mayor sobrevivencia y adaptabilidad; esto se determinó por el porcentaje de sobrevivencia de cada especie y cubrimiento del área en cada marco, dichas especies corresponden al Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens*), ya que de las 50 plantas de vetiver, todas se establecieron en el suelo y presentaron un crecimiento vigoroso, hasta los 60 centímetros de longitud en su parte aérea en el tiempo de medición. Por su parte, la *Brachiaria* logró una germinación superior al 80 % de las semillas y un cubrimiento del área de los marcos hasta del 60 %. En cuanto a las demás plantas, la mayoría presentaron mortalidad, o durante el tiempo de la evaluación, presentaron crecimiento significativamente lento, resultados que coinciden con lo reportado por Hernandez Columbie & Guardado Lacaba (2014) y Gallo Diaz (2017).

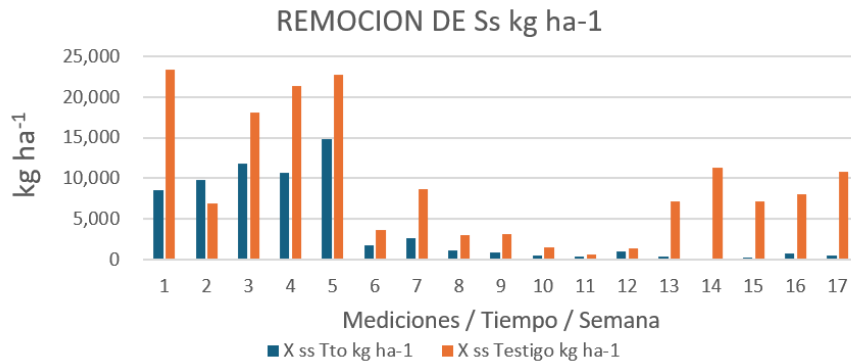
El pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), el bijao (*Calathea lutea* A.), el bambú (*Bambusoideae*) y maní forrajero (*Arachis pintoi*) no tuvieron un adecuado desarrollo o adaptabilidad ya que su crecimiento fue lento en el tiempo de estudio y la mayoría presentaron mortalidad. Esta baja adaptación se pudo deber a las condiciones edafológicas de las caras del deslizamiento, ya que este, por el movimiento en masa, había perdido el suelo con su materia orgánica y la fertilidad natural. Además, la humedad no se retenía por la pendiente y el saprolito (horizonte

C), por tanto, las condiciones no eran adecuadas para el crecimiento vegetal, ya que como se reporta para el bijao, según la FAO (2000), este presenta mejor desarrollo en zonas húmedas y climas calidos humedos o tropicales, sin embargo, allí en la zona de estudio, el suelo se había perdido con sus nutrientes y la humedad; por tanto, se considera que esto limitó el crecimiento de la mayoría de las especies. Por su parte, para el maní forrajero, se reporta por Argel & Villarreal M (1995), que la altitud adecuada oscila entre los 200 y los 1400 m s. n. m., y a mayor altitud, su colonización y crecimiento se torna más lento; dado que el predio de la investigación está sobre los 2200 m s. n. m., lo que también lo pudo afectar.

En cuanto a la erosión, se encontró que la remoción de suelo seco en kilogramos por hectárea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) fue mayor en el talud no tratado (testigo) con  $23.334 \text{ kg ha}^{-1}$ , mientras que en el talud tratado (tratamiento) hubo menor perdida de suelos con cerca de  $15.000 \text{ kg ha}^{-1}$  (figura 1), sin embargo, en las primeras cinco (5) mediciones, que correspondieron a los primero tres (3) meses, se observó un comportamiento similar, lo cual se puede deber a que las especies vegetales estaban empezando su adaptación o iniciando su germinación, por tanto, en las primeras semanas aun no empezaban a retener suelo, pero a partir de allí el talud tratado disminuyó la remoción del suelo.

**Figura 2**

Remoción de suelo seco en  $\text{kg/ha}^{-1}$

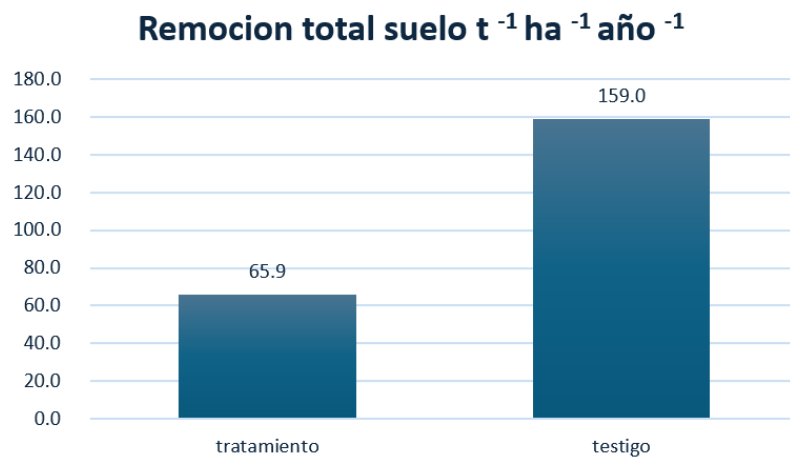


**Nota.** Elaboración propia.

En la figura 2, se ilustra los datos extrapolados a toneladas hectárea<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, donde se encontró que anualmente en un talud sin intervención se remueve 159 toneladas hectárea<sup>-1</sup>, mientras que, con la intervención, la remoción disminuye notoriamente a 65,9 toneladas<sup>-1</sup> hectárea<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

**Figura 3**

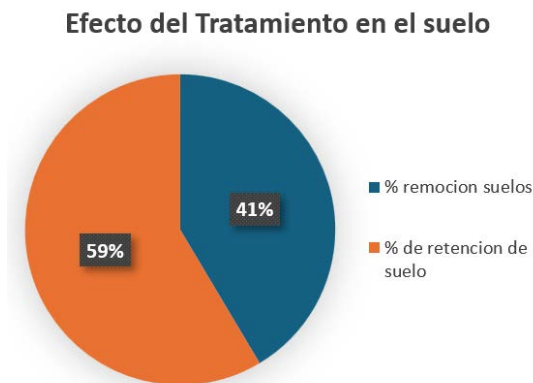
Remoción total de suelo toneladas<sup>-1</sup> hectárea<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>



**Nota.** Los subíndices negativos de exponenciales son en nomenclatura universas divisores, por ejemplo, toneladas por hectárea, en un año. Elaboración propia.

Los datos antes mencionados, se ilustran en la figura 3, donde puede observar que la retención de suelos con los tratamientos es del 59 % del suelo total, es decir que se evita que se pierdan o se remuevan 93.1 toneladas de suelo al año, por hectárea, y se espera que, con el paso del tiempo, la vegetación establecida tenga mayor desarrollo radicular, por tanto, podría disminuir la erosión en el talud.

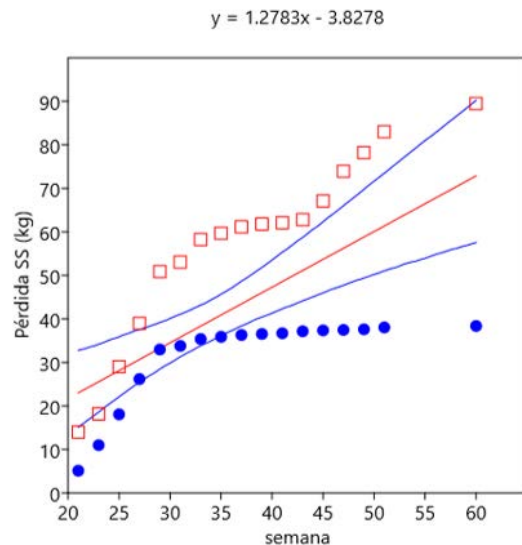
**Figura 4**  
Efecto del tratamiento en el suelo



**Nota.** Elaboración propia.

De acuerdo con el comportamiento de los kilogramos acumulados en pérdida de suelo seco (SS) durante el tiempo medido, representado por el testigo (línea roja figura 5) versus el tratamiento (línea azul figura 5), en la cara del talud que no tuvo intervención (testigo) la erosión fue aumentando progresivamente aproximadamente el doble de kilogramos, mientras que en la zona donde fueron plantadas las especies para control de erosión la pérdida disminuyó notablemente (figura 5).

**Figura 5**  
Pérdida de suelos (rojo) versus a contención de la erosión en el tratamiento



**Nota.** Elaboración propia.

**Figura 6**  
Área de investigación con 8 meses de tratamiento.



**Nota.** Fotografía de Cadavid, Villegas (2020).

## Conclusiones

- Las especies que mejor se adaptaron para estas condiciones edafoclimáticas y que presentaron mayor contención de la remoción y pérdida de suelos fueron Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y Brachiaria (*Brachiaria decumbens*).
- Las técnicas combinadas de terrazas pequeñas (de fácil elaboración) con las especies vegetales Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y Brachiaria (*Brachiaria decumbens*), lograron reducir la erosión del suelo en un 59 %, es decir, evitaron una pérdida de suelos de 93.1 toneladas de suelo al año, por hectárea.

## Recomendaciones

- Es importante conocer las condiciones agroecológicas y edafológicas de las especies vegetales antes de llevar a cabo un programa de manejo de erosión de suelos con estas.
- Para el manejo de zonas erosionadas que presenten condiciones similares a las de la zona en la que se desarrolló la investigación, los pastos vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y Brachiaria (*Brachiaria decumbens*), pueden ser de utilidad.

---

## Referencias

---

- IDEAM, Y MADS (2014). *Degradación de suelos*. IDEAM, & MADS.
- Alcaldía Municipal de San Vicente Ferrer. (2020). Departamento de Antioquia Colombia. Geografía.
- Alonso, S. D., Torralba, M. A., Martín, F., & Abolafio, F. (2011). Erosión y manejo del suelo: Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antropogénicos. En: *Agricultura ecológica en secano. Soluciones sostenibles en ambientes mediterráneos*. Mundi-Prensa
- Argel, P. J., & Villarreal M., M. (1995). Argel, P. J., & Villarreal M., M. (1995). Leguminosas herbáceas para alimentación animal, en mejoramiento y conservación del suelo. *XI seminario manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal*.
- Arias López, L. A. (1995). El relieve de la zona central de Antioquia: Un palimpsesto de eventos tectónicos y climáticos. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*, (10), 9–24. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.325539>
- Cornare-Gobernación de Antioquia (2011). Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de San Vicente. Cornare [https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v24n2\(2\)a02](https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v24n2(2)a02)
- Díaz Mendoza, C. (2011). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ingeniería. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/38548>
- FAO. (2000). *Manual on integrated soil management and conservation practices* (FAO Land and Water Bulletin No. 8). Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Gallo Díaz, (2017). Adecuación y Revegetalización de taludes producto de la disposición de diversos materiales en la escombrera Rancho Grande del municipio de Piedecuesta, Santander. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

- Castillo Giraldo, (2017). *Sistemas tecnológicos alternativos para la protección vegetal en taludes*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/60101/52981038.2017.pdf?sequence=1>
- González, (1991). Ecuación universal de pérdida de suelo: Pasado, presente y futuro. *Ecología*. 13-50. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia\\_05\\_02\\_tcm30-100846.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_05_02_tcm30-100846.pdf)
- Hernández Colombié, T., & Guardado Lacaba, R. (2014). Control de erosión mediante bioingeniería en presas de colas de la industria del níquel. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. *Minería y Geología*, 30, 4, octubre-diciembre, 2014, pp. 55-69. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223533734004>
- Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA). (2019). ¿Qué es la erosión del suelo? ¿Como se puede estudiar y mitigar con técnicas nucleares? Oficina de Información al Público y Comunicación. [Uhttps://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-erosion-del-suelo](https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-erosion-del-suelo)
- IDEAM, & U.D.C.A. (2015). *Protocolo para la identificación y evaluación de la degradación de suelos por erosión*. 188 págs. Publicación aprobada por el IDEAM, Diciembre de 2015, Bogotá D.C., Colombia.
- Home G, Barrow C, Brandt M, et al. *Land Degradation & Development: A new and bright future*. *Land Degrad Dev*. 2018; 29: 2775–2777. <https://doi.org/10.1002/ldr.3097>
- Botero, R., Moreno, R. & Méndez, E. (2011). *Suelos, pastos y forrajes*. Fedegan. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19380>
- Velázquez López, Davis Antonio. (2010). Características y producción del pasto estrella. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, división de Ciencia Animal, Departamento de Recursos Naturales Renovables. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
-