

Alternativas de sostenibilidad ambiental

para comunidades en el departamento de Córdoba

Jorge Villadiego Lorduy
Compilador



Universidad
Pontificia
Bolivariana

338.162

A466

Villadiego Lorduy, Jorge, compilador

Alternativas de sostenibilidad ambiental para comunidades en el departamento de Córdoba /

Jorge Villadiego Lorduy – 1 edición – Medellín: UPB, 2020.

145 páginas, 16.5x23.5 cm.

ISBN: 978-958-764-908-6 (Versión digital)

1. Sostenibilidad ambiental -- Córdoba (Colombia) – 2. Agroecología -- Córdoba (Colombia) – I. Título

CO-MdUPB / spa / rda

SCDD 21 / Cutter-Sanborn

© Autores varios

© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana

Vigilada Mineducación

Alternativas de sostenibilidad ambiental para comunidades en el departamento de Córdoba

ISBN: 978-958-764-908-6 (versión digital)

DOI: <http://doi.org/10.18566/978-958-764-908-6>

Primera edición, 2020

Escuela de Ingenierías y Arquitectura

Grupo de Investigación en Calidad de aguas, modelamiento hídrico y ambiental, CAMHA.

Environment & Technology Foundation. Grupo de Investigación: Gestión ambiental. Proyecto: Acciones para la gestión y la sostenibilidad ambiental territorial: Casos del departamento de Córdoba y la región Caribe.

Arzobispo de Medellín y Gran Canciller UPB: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Rector Seccional Montería: Pbro. Jorge Alonso Bedoya Vásquez

Vicerrector Académico Sede Medellín: Álvaro Gómez Fernández

Vicerrector Académico Seccional Montería: Roger Góez Gutiérrez

Editor: Juan Carlos Rodas Montoya

Gestora Editorial Seccional Montería: Flora del Pilar Fernández Ortega

Coordinación de Producción: Ana Milena Gómez Correa

Diseño y diagramación: Ana Mercedes Ruiz Mejía

Imagen portada: Pixabay

Corrección de Estilo: Delio David Arango

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2020

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 2011-03-08-20

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.



Capítulo 1.

Uso de trinchos para recuperación de suelos: caso finca Villa Elena, Montería

Hugo Villadiego Martínez¹

Gustavo González Carvajal²

Fernando Ramírez Muñoz³

Tomás Ramón Florville⁴

Pedro Payares Ramos⁵

Jorge Villadiego Lorduy⁶

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo el desarrollo de una experiencia piloto utilizando trinchos como una medida de la bioingeniería para disminuir el proceso erosivo del suelo en la finca Villa Elena. Para ello, se caracterizó físico-bióticamente el área de estudio, analizando variables edafológicas, geológicas, geomorfológicas, entre otras, lo que permitió conocer el estado actual en que se encontraba el territorio en mención. Por otro lado, se procedió a diseñar estructuras de bioingeniería tipo trincho, analizando pendiente, grado de erosión, cobertura vegetal y materiales a utilizar, se definió así la estructura más adecuada. Así mismo, se evaluó el comportamiento de los trinchos implementados, teniendo en cuenta el grado de recuperación del suelo y el material vegetal utilizado, con

1 Ingeniero sanitario y ambiental. Profesional ambiental en Environment & Technology Foundation. Correo: etf@environmenttechnologyfoundation.org

2 Ingeniero agrónomo, consultor agrícola. Correo: gusagro@gmail.com

3 Docente investigador Universidad Nacional de Costa Rica. Correo: framirez@una.ac.cr

4 Docente investigador Universidad Pontificia Bolivariana, sede Montería. Ph. D. en Ingeniería Ambiental. Correo: tomas.florvillea@upb.edu.co

5 Ingeniero sanitario y ambiental. Director Environment & Technology Foundation. Correo: etf@environmenttechnologyfoundation.org

6 Docente investigador Universidad Pontificia Bolivariana, sede Montería. Ph.D. en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Correo: jorge.villadiegol@upb.edu.co

el fin de determinar el grado de eficiencia de la obra de bioingeniería ejecutada. Desde el punto de vista metodológico, para la implementación de la experiencia piloto se aplicó una tipología de estudio cuasiexperimental, construyendo tres áreas de experimentación de 9 m², (3 m x 3 m). Las estructuras se construyeron en material de guadua, con refuerzos verticales de los trinchos a cada 50 cm eje, con profundidades aproximadas de 50 cm en cada uno de ellos. Dentro de los resultados obtenidos, se señala que el recurso suelo en la finca Villa Elena presenta graves problemas de erosión por usos inadecuados, además que sus terrenos en zonas altas no son aptos para actividades ganaderas. Se concluye que el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) es la especie vegetal con mejor crecimiento en el sector en estudio.

Palabras clave: suelos; erosión; caracterización biofísica, bioingeniería; material vegetal

Abstract

The objective of this research was to develop a pilot experience using trenches as a bioengineering measure to decrease the soil erosion process on the Villa Elena farm. For this, the study area was physically-biologically characterized, analyzing edaphological, geological, geomorphological variables, among others, allowing to know the current state in which the mentioned territory was.

On the other hand, we proceeded to design trincho-type bioengineering structures, analyzing slope, degree of erosion, vegetation cover and materials to be used, thus defining the most appropriate structure. Likewise, the behavior of the implemented trenches was evaluated, taking into account the degree of soil recovery and the plant material used, in order to determine the degree of efficiency of the bioengineering work carried out.

From the methodological point of view, for the implementation of the pilot experience, a quasi-environmental study typology was applied, constructing three areas of experimentation of 9m², (3m x 3m). The structures were built in guadua material, with vertical reinforcements of the trenches every 50 cm axis, with approximate depths of 50 cm in each one of them.

Among the results obtained, it is pointed out that the soil resource on the Villa Elena farm presents serious erosion problems due to inappropriate uses, and that its land in high areas is not suitable for livestock activities. It is concluded that kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*) is the fastest growing plant species in the sector under study.

Key words: soils; erosion; biophysicist; bioengineering; vegetal materials.

1.1 Introducción

Existen diversas categorizaciones y técnicas para caracterizar, contribuir y remediar el recurso suelo, se requiere de amplios conocimientos técnico-científicos acerca de este y de estudios de laboratorio, que pueden resultar muy dispendiosos, debido a que muchos agricultores carecen del conocimiento y los recursos para evaluar su suelo y su terreno usando dichas metodologías (Cock, Álvarez y Estrada, 2010, p. v).

El objetivo primordial del estudio de la ciencia del suelo es el entendimiento de su naturaleza, propiedades, dinámicas y funciones como parte del paisaje y los ecosistemas. Para lograrlo, es necesario la disponibilidad de información confiable sobre su morfología y otras características obtenidas mediante el trabajo y la descripción del suelo en el campo. Es fundamental que la descripción del suelo se haga minuciosamente puesto que sirve de soporte para la clasificación del suelo y la evaluación del sitio, además de desarrollar apreciaciones acerca de la génesis y funciones medioambientales. Una adecuada especificación del suelo y el saber derivado en cuanto a su origen, son también instrumentos útiles para dirigir, ayudar en la explicación y regular el costoso trabajo de laboratorio (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2008, p. 1).

Por otro lado, los suelos son impactados por las actividades antrópicas, como la industrial, ganadera y agrícola, que comúnmente resulta en su deterioro y daño o disminución de sus funciones. Para evitar el deterioro y recuperar el potencial de los suelos degradados, se necesita como prerrequisito información edáfica confiable, como ingrediente para el diseño de sistemas de uso de la tierra y prácticas de manejo de los suelos apropiados, así como para alcanzar una mejor comprensión del ambiente (FAO, 2008, p. 2).

El desprendimiento de la capa vegetativa y la pérdida de algunas de las propiedades físicas como la estructura y la consistencia del suelo, hacen que se tome conciencia sobre las afecciones que origina este problema y obliga a que se generen medidas de mitigación. La finca Villa Elena hace parte de una zona que, a pesar de no tener riesgo de inundaciones, tiene un alto grado de erosión causado por la escorrentía desde la parte superior de la propiedad en su zona de pendiente y causado por la

presencia de ganado en dicho suelo. Este terreno se encuentra amenazado con miras a desaparecer y así anular los posibles usos que se le pueden dar a las tierras (agricultura), afectando así los cursos de agua y el componente paisajístico. En el marco de lo anterior, se desarrolló un proceso de recuperación de los suelos de la finca Villa Elena mediante la implementación de obras de bioingeniería tipo trinchos, que contempló la caracterización físico-biótica del área de estudio, así como el diseño, implementación y evaluación de trinchos (muro de contención de material vegetal que evita la erosión), y su comportamiento frente a la recuperación del suelo.

1.2 Marco teórico

1.2.1 El recurso suelo y la erosión

El recurso suelo puede entenderse como el área superficial de la corteza terrestre, que además está en contacto con el ser humano y donde se ubican y desarrollan especies vegetales debido a que en dicha superficie encuentran nutrientes y agua fundamental para su crecimiento. Por lo tanto, como la vida humana y animal está directamente ligada a la existencia de las plantas, el suelo debe manejarse de forma racional, con el fin de evitar su deterioro, debido a que este es un recurso natural dispuesto al agotamiento, y sin su existencia, la vida en el planeta estaría seriamente amenazada.

De igual forma, la erosión tiene su origen en la deforestación. Cada fragmento de selvas talado es suelo que queda susceptible a la degradación (Silva, 2015). La erosión se traduce como el desprendimiento de terreno a causa de la escorrentía superficial a largo plazo, causado por el impacto de fuertes vientos. Lo anterior, involucra la presencia de dos componentes que colaboran en el proceso: uno pasivo que es el suelo, y uno activo que es el agua, el viento, o su participación alterna (meteoros); por otro lado, la vegetación procede como un regulador de las relaciones entre ambos componentes.

Existen dos clases básicas de erosión: la geológica o natural, y la antrópica o acelerada. La primera se genera regularmente en ausencia de acciones

antrópicas, está por tanto fuera del control humano; se caracteriza por ser muy lenta, tanto que pasa desapercibida y aporta en cierta medida a la constitución del relieve mismo y a la meteorización de las rocas. En la erosión natural participan el agua (ríos, mar, lluvia), el viento, la temperatura y la gravedad, es considerada benéfica, debido a que busca la estabilidad de la superficie y un equilibrio entre el suelo, la vegetación, los animales y el agua. La segunda, es derivada de las actividades que ejerce el ser humano en el planeta, influenciadas dichas actividades por el factor económico.

1.2.2 Obras de bioingeniería

La construcción de trinchos empleando estacas vegetales y de muros criba con maderas y ramas de maleza constituyen soluciones bastante atractivas para el manejo de taludes. Lo anterior, debido a que esta biotecnología contribuye a su equilibrio, además de la aparición de cobertura vegetal (Suárez, 1998). El trincho, es un muro de contención que se usa en zonas afectadas por procesos erosivos para apuntalar un terraplén adyacente a un curso de agua. Los trinchos son elementos horizontales, generalmente de madera o guadua, soportados por postes verticales que trabajan fundamentalmente a flexión, y con los cuales se busca evitar la excavación y formación de surcos y cárcavas en los taludes con concentraciones altas de escorrentía.

Dentro de los referentes teóricos asociados a la bioingeniería para la recuperación de suelos, resaltan los aportes de Beighley, Scholl, Fuacette y Governo (2010); Rey *et al.* (2007); Flórez (2014) y Gyssels *et al.*, (2005) entre otros. Los estudios desarrollados estuvieron centrados en la erosión, los controles de erosión, condiciones del suelo compactado y las técnicas sostenibles para el manejo y conservación del suelo. Por último, las coberturas vegetales asociadas a este tipo de bioingeniería sirven como mecanismos de protección y conservación del suelo, especies como la estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) contribuyen a disminuir los procesos erosivos. La combinación de estas coberturas con obras bioingenieriles es una alternativa efectiva para evitar la degradación del suelo.

1.3 Metodología

La metodología que se utilizó para desarrollar la experiencia piloto tuvo un enfoque de carácter cuantitativo, con una tipología de estudio experimental. Adicional a esto, el estudio se soportó en el análisis de información primaria correspondiente a las distintas mediciones de variables (características del terreno, condiciones edafológicas, pendientes, vegetación, grado de erosión entre otras) realizadas en campo. Así mismo, se desarrolló el análisis de información secundaria tomada de estudios y literatura especializada: i) Plan de Ordenamiento Territorial de Montería (POT, 2002), ii) diagnósticos ambientales, iii) prácticas de control para la construcción en sitios erosionados (Beighley *et al.*, 2010), iv) efectividad de la bioingeniería para el tratamiento de la erosión y movimientos de masa en laderas (Flórez, 2014) entre otros.

Con la información secundaria obtenida del POT y de estudios de diagnóstico ambiental de la zona, se caracterizó físico-bióticamente el área escogida para la intervención. Dentro de las técnicas empleadas para la ejecución de la investigación, se apunta la observación en campo y la entrevista a expertos en recuperación de suelo. Por otro lado, se realizó un análisis comparativo de la información secundaria de estudios relacionados con la temática y las características biofísicas del área de estudio, que sirvieron de soporte para el desarrollo de un modelo digital de terreno (MDT). En la fase de campo se diseñaron e implementaron estructuras tipo trincho que respondían a las particularidades del entorno, en total se construyeron tres estructuras.

Para el proceso de construcción de los trinchos se tuvieron en cuenta materiales propios de la región (guadua, estacas de chirimoya (*Annona cherimola*), matarratón (*Guadua angustifolia*), ñipi ñipi (*Sapium aucuparium*) e higo (*Ficus carica*). Además, se utilizaron pastos con raíces pequeñas, pero eficientes en el proceso de enraizamiento, como estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Se seleccionaron coberturas vegetales que se acoplaran a las condiciones edafológicas del área y su problemática de erosión, además de las condiciones ambientales existentes. Se compararon los resultados obtenidos con el antes y el después de la implementación de las obras de bioingeniería. Entre los instrumentos utilizados se contó con GPS (*Global Positioning System*) para marcar los puntos con los cuales se establecerían

las curvas y pendientes de la zona intervenida, cámara fotográfica, un *software* geográfico (Arcgis 9.1) y Excel versión 2016 para el análisis y elaboración de gráficos con base en los datos obtenido en campo.

1.4 Resultados y discusión

1.4.1 Área de estudio

La finca Villa Elena se encuentra ubicada en el kilómetro 17 vía Tierralta en la vereda Pueblo Nuevo, perteneciente a Montería, departamento de Córdoba. Exactamente en las coordenadas geográficas 08° 37' 58,4" N y 75° 47' 19,6" W. La finca posee una extensión de 8 ha (figura 1).

Figura 1. Localización finca Villa Elena



Fuente: Google Earth, 2018.

1.4.2 Caracterización fisicobiótica

Es fundamental, para definir las clases de suelo, establecer la relación fisiografía-suelos que hay en la zona de estudio, debido a que el conocimiento obtenido de dicha relación se convierte en un modelo predictivo que permite saber cuáles suelos se van a presentar para una parte específica del terreno. Cuando se ha establecido dicho patrón de distribución de los suelos, la labor de delimitar se facilita enormemente (Jaramillo, 2002 p. 523).

Referente a su geomorfología, el terreno de la finca Villa Elena está en una categoría de colinas bajas a medias que muestran diversidad de configuraciones como resultado de los contrastes litológicos y estructurales. Este paisaje es común a todas las formaciones geológicas presentes en el municipio, es decir, se han conformado sobre sucesiones sedimentarias de distintas litologías (POT, 2002).

Según el POT (2002), los terrenos dentro de y aledaños al predio Villa Elena presentan suelos con pendientes del 7 % al 12% y del 12 % al 35 % conformados por sedimentos coluvio-aluviales de grano grueso y reacción ácida, caracterizados por ser profundos con poco número de horizontes en el perfil, suelos de texturas arenosas a franco arenosas. En especial, estos suelos se caracterizan por ser cantos rodados, presentan afloramientos, con escasa cobertura vegetal sobre el suelo y el uso inadecuado del mismo, suelos pobremente estructurados por la poca presencia de minerales arcillosos y bajo contenido de materia orgánica humificada. Desde el punto de vista químico, los suelos de la finca se caracterizan por ser de reacción ácida a ligeramente ácida (ph 4,5-5,5), con bajos niveles de materia orgánica y muy bajos contenidos de fósforo, además que los contenidos de azufre son de bajos a medios. En cuanto a la salinidad, no presentan problemas, registra valores muy bajos de conductividad eléctrica.

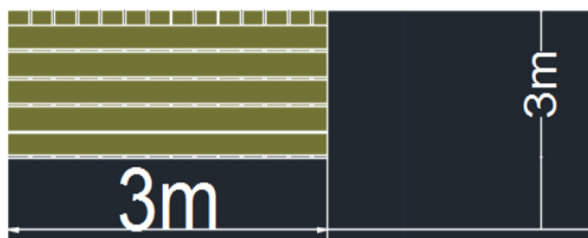
Dentro de las principales limitantes para la producción en estos suelos, se señalan los graves problemas de erosión por usos inadecuados, lo que genera la pérdida de la capa fértil del suelo y de los niveles de materia orgánica que alcanzan a formarse. Por otro lado, las zonas altas no son aptas para actividades ganaderas, debido a que esta actividad favorece la erosión del suelo en circunstancias de altas pendientes. Adicionalmente, los suelos de la finca en cuestión tienen una textura arenosa a franco arenosa; la arena es suelta de granos simples, pero tiene la suficiente cantidad de arcilla y limo para hacerlos ligeramente más coherentes.

En términos de amenaza, no existen inundaciones por anegamiento en la finca, este predio se encuentra en una parte alta, además de que la vereda Pueblo Nuevo, donde la misma se encuentra ubicada, presenta una topografía y una red de drenajes que no es susceptible a inundaciones. Sin embargo, sí hay amenaza ante los movimientos en masa y la erosión, y es de carácter moderado. Para la evaluación de este fenómeno se

consideraron cuatro variables: inclinación de la pendiente, dirección de la pendiente, cobertura y uso del suelo y, por último, geomorfología. Además, se ha perdido entre el 25 % y el 75 % del suelo superficial; sin omitir procesos de escurrimiento difuso intenso sin surcos o con muy pocos. La zona de localización de Villa Elena cuenta con una precipitación promedio anual de 1.000 a 1.200 mm.

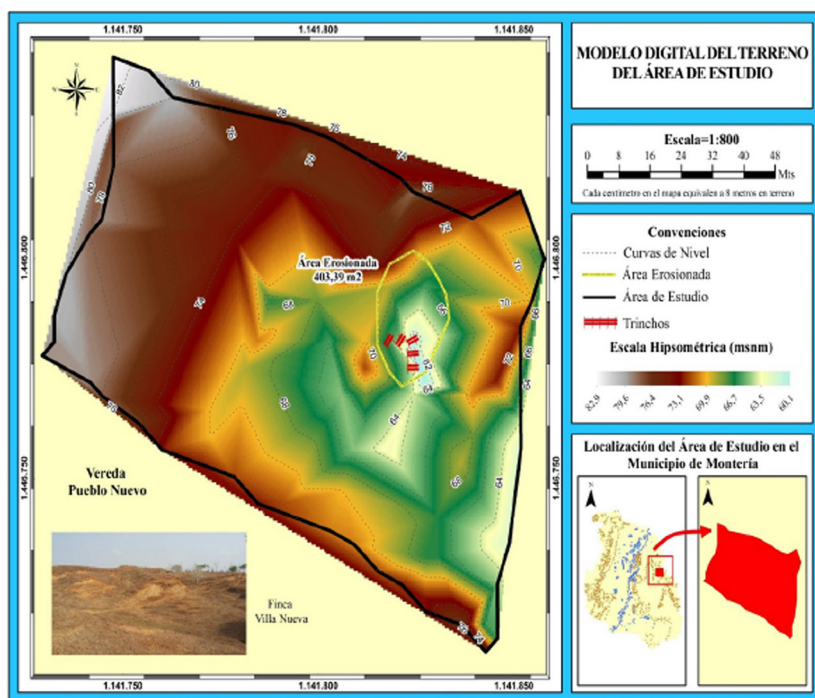
Igualmente, el uso actual del suelo que se le da a la zona de estudio corresponde a pastos artificiales. El suelo en el área rural se encuentran sembrado por pastos para la ganadería con un 83,6 %, los más representativos son: i) pastos artificiales, ii) pastos artificiales/maleza, iii) pastos artificiales/pastos naturales y iv) pastos naturales (POT, 2002). Teniendo en cuenta la pendiente, grado de erosión, cobertura vegetal y las características físicas de la finca, se estableció un perfil longitudinal (figura 2) para el diseño de los trinchos y un modelo digital de terreno (MDT), que permitió su representación espacial para visualizar elevaciones, pendientes y curvas propias de toda el área escogida. Mediante el MDT se calculó el total de área erosionada en el terreno que correspondió a 403,39 m² (figura 3).

Figura 2. Perfil longitudinal



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Modelo digital del terreno



Fuente: elaboración propia.

1.4.3 Implementación de estructuras de bioingeniería

El proceso de construcción de las estructuras (trinchos) inició con la selección y siembra de pastos nativos de la región, escogiendo estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) como los óptimos por ser considerados plantas locales. Se realizó un control y seguimiento del crecimiento de dichos pastos en cada una de las áreas durante cuatro meses (periodo de lluvia). Las visitas se realizaron cada quince días. El primer trincho contó con un área aproximada de 8,97 m², el segundo con 9,27 m² y el tercero ocupó un área aproximada de 9,14 m² (figura 4).

Figura 4. Estructura de trinchos



Fuente: elaboración propia.

Cada trincho estaba diseñado de 9 m², es decir, 3 m de longitud y 3 m de ancho (figura 2), acomodándose de esta manera a la forma del terreno. Las estructuras se construyeron en material de guadua, con refuerzos verticales de los trinchos a cada 50 cm eje, con profundidades aproximadas de 50 cm en cada uno de ellos. En el proceso de construcción de los trinchos, la selección obedeció a la dirección predominante y paralela de la escorrentía, iniciando el montaje desde la parte más alta, hasta la parte más baja del área intervenida. De igual manera, esta era el área más crítica del terreno que ocupa dicha finca.

Las condiciones más abruptas presentadas en el terreno, sin duda necesitaban ser intervenidas con el objetivo de contrarrestar el proceso erosivo. Las especies ciperáceas (*Cyperaceae*) y escobillas (*Sida cordifolia*) que fueron ajenas al proyecto, nacieron espontáneamente, contribuyendo a que el impacto de la gota de agua, al momento en que se presentaran las precipitaciones, disminuyera su colisión. Las distintas especies que surgieron mediante su florecimiento natural son consideradas equivocadamente como “malezas”. Las especies escogidas -estrella africana

(*Cynodon plectostachyus*) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)- fueron sembradas de forma manual, usando herramientas y equipos propios de la finca Villa Elena, en donde se procedió a realizar la siembra en horas de la tarde, a la puesta del sol para que el estrés vegetal fuera mínimo.

Cabe resaltar que, por el caso atípico de las precipitaciones que se presentaron en la zona, se tuvo un desarrollo significativo representado en el crecimiento de las distintas especies señaladas. Con el paso del tiempo, se constató el crecimiento progresivo que fue tomando cada plántula sembrada y se observó que enraizaron de manera satisfactoria en el terreno. Esto a causa de la presencia de los distintos nutrientes del suelo y de las características propias de la zona. Conforme a las condiciones óptimas que se presentaron en el área de estudio, producto de la buena siembra y de las agradables condiciones presentes en la finca, las especies fueron poblándose y anclándose en el área limitada por los trinchos, lo cual significó que los resultados fueron los esperados.

1.4.4 Comportamiento de la estructura tipo de trincho

De acuerdo con la estructura construida (trinchos en guadua) se pudo constatar que tuvo un buen comportamiento, tal cual como se esperaba: i) la energía del agua de escorrentía se logró disipar, y ii) el arrastre de las partículas de suelo se fue acumulando en cada uno de los tramos perteneciente a los trinchos (figuras 5 y 6).

Figura 5. Área antes de trinchos



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Área con trinchos



Fuente: elaboración propia.

Durante el proceso evaluativo para medir el crecimiento que tuvo la raíz de los pastos sembrados durante los cuatro meses, se procedió a desenraizar del área del primer trincho la especie estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), la cual arrojó una extensión de la raíz de 6 cm. Eso da a entender que el pasto escogido fue propicio y se adaptó al terreno, logrando conseguir su objetivo y su propagación (figura 7).

Figura 7. Extracción estrella africana (*Cynodon plectostachyus*)



Fuente: elaboración propia.

En el segundo trincho, donde se plantó la especie kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), la extensión que alcanzó la raíz fue de 12 cm. Con la especie kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), se pudo ver que los nudos de la planta se fueron enraizando en el terreno, la cual es una característica de este tipo de pastos (figura 8).

Figura 8. Extracción kikuyo



Fuente: elaboración propia.

En el tercer trincho donde se hizo la combinación de estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), la primera creció alrededor de 6 cm y la segunda 12 cm, se evidenció también este mismo crecimiento por la gran retención de sedimento presente en esta área considerada como más baja, lo cual permitió convertirse en el soporte de todo el material no consolidado en descenso. El suelo retenido en la parte baja de los trinchos, mediante el escarpe con un pincho de guadua arrojó para el primer trincho una profundidad de 4 cm; para el segundo 3 cm de tierra retenida y para el tercero y último igualmente 3 cm (figura 9).

Figura 9. Acumulación de sedimento



Fuente: elaboración propia.

Esta acumulación se convirtió en la mejor muestra de que las barreras vivas (trinchos, plantas, pastos, estacas) cumplieron con su objetivo, demuestra que el terreno, aunque estaba en condiciones agrestes, en términos de pendiente e inclinaciones, pudo retener el suelo que antes no se podía haber contenido. La presencia de fauna en el suelo ganado en los trinchos muestra que el crecimiento de la vegetación contribuyó al resarcimiento del terreno, aun cuando la prueba piloto que se desarrolló en el terreno fue de muy corta duración. Se evidencia también el material no consolidado presente en el área de influencia de los trinchos, se señala la existencia de suelo producto de la sedimentación causada por las escorrentías, dicho material es rico en nutrientes y es muestra del impacto que generó la obra en la zona afectada (figura 10).

Figura 10. Material sedimentado



Fuente: elaboración propia.

1.5 Conclusiones

Gran parte del suelo de la finca Villa Elena se encontraba asediado por altos niveles de erosión, con afloramientos rocosos presentes en las partes más altas y un poco más leve en la zona media de la pendiente. La implementación de trinchos permitió el crecimiento de cobertura vegetal que contribuyó, en parte, a la mitigación de los procesos erosivos en las áreas intervenidas.

La guadua, como material de construcción para las obras de bioingeniería, prestó solidez en la implementación del diseño de los trinchos de una manera asertiva. Las estructuras edificadas lograron retener el material no consolidado proveniente de las partes altas, y que, con la combinación del agua proveniente de las precipitaciones, soportó la carga ejercida en función de la gravedad.

Los pastos sembrados -estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)- enraizaron en el terreno, aun

cuando previamente se había determinado que el suelo existente era completamente abrupto. Con la longitud calculada de las raíces de los pastos (estrella africana 6 cm, y kikuyo 12 cm), se concluyó que es viable la implementación de este tipo de obras de bioingeniería al momento de recuperar un suelo fuertemente erosionado.

Aunque tanto la estrella africana como el kikuyo presentaron un considerable crecimiento en sus raíces, se pudo determinar que el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) superó considerablemente en longitud de raíz al estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), por lo que se concluye que es el kikuyo uno de los pastos con mayor aceptación en el terreno.

Referencias

- Alcaldía de Montería. (2002). Plan de Ordenamiento Territorial de Montería Córdoba. 2002-2015. <https://www.monteria.gov.co/publicaciones/2076/pot/>
- Beighley, E., Scholl, B., Faucette, B. y Governo, J. (2010). Runoff Characteristics form Construction Site Erosion Control Practices. *Journal of Irrigation & Drainage Engineering*, 136(6), 405-413.
- Cock, J., Álvarez D. y Estrada, M. (2010). Guía práctica para la caracterización del suelo y del terreno. [http://www.aclimatecolombia.org/download/agricultura-por-sitio/rasta-2011-121116071713-phpapp02\(2\).pdf](http://www.aclimatecolombia.org/download/agricultura-por-sitio/rasta-2011-121116071713-phpapp02(2).pdf)
- Flórez, G. (2014). Efectividad de la bioingeniería para el tratamiento de la erosión y los movimientos en masa en laderas. http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1282/Florez_Florez_Gloria_del%20Socorro_2014.pdf?sequence=1
- Gyssels, G., Poesen, J. y Bochet, E. (2005). Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Progress In Physical Geography*, 29(2), 189-217. <https://doi.org/10.1191/0309133305pp443ra>
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- Rey, F., Guarat, P., Blanco A., Breff, F., Giclis M. y Suárez V. (2007). Técnicas sostenibles para el manejo y conservación del suelo en un ecosistema cafetalero. *Feijoo*, 34(2), 63-68. <https://n9.cl/e9u5>

- Silva, J. (2015, 4 de mayo). Colombia se queda sin piel: erosión afecta a casi medio país. <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/erosion-en-colombia/15684196>
- Suárez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>