

# **CONTROL BIOMECÁNICO DE LADERAS, EN ZONAS MINERAS ABANDONADAS.**

## **EJERCICIO DE EXPERIMENTACIÓN CON VETÍVER (PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EN MARCHA)**

### **ÁLVARO ORLANDO PEDROZA ROJAS**

Ingeniero Civil UFPS-Colombia, M.Sc Ingeniería Civil-Geotecnia, SDSMT-USA,  
Doctorando en Ingeniería Civil-Geotecnia, UNAL-Colombia.  
Codirector del Grupo de Investigación en Geotecnia Ambiental – GIGA  
Codirector del Semillero de Investigación en Ingeniería de Rocas. UNAL-Colombia  
[pralvaroo@unal.edu.co](mailto:pralvaroo@unal.edu.co), [geoproa@gmail.com](mailto:geoproa@gmail.com)

### **NUBIA ANDREA JAIMES RODRÍGUEZ**

Ingeniero Civil UFPS – Colombia, Joven Investigadora Convocatoria Colciencias  
2005. Miembro del Grupo de Investigación en Geotecnia Ambiental - GIGA.  
[andreajr0303@gmail.com](mailto:andreajr0303@gmail.com), [andreajr0303@yahoo.com](mailto:andreajr0303@yahoo.com)

**Palabras claves:** Minas abandonadas; deslizamiento y erosión, control biomecánico, mantenimiento.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La cultura de la preservación ambiental propende por recuperar ecosistemas que han sido modificados por la acción antrópica. La acelerada urbanización del país ha dinamizado el desarrollo de las ciudades, al punto que estas han absorbido áreas rurales o sectores que anteriormente eran dedicados a actividades diversas, distintas a las de carácter residencial.

En el caso del área metropolitana de la ciudad de Cúcuta – Colombia, gran parte de las áreas dedicadas en el pasado a la pequeña minería de la arcilla, hoy día, hacen parte del núcleo urbano, pues la ciudad se ha extendido superando sus linderos. De esta forma, tales minas de explotación han quedado inactivas, dejando tras de sí un hábitat alterado que se manifiesta en un desequilibrio paisajístico, en foco de contaminación por generación de polvo y en puntos de amenaza asociadas a procesos de remoción natural de tierras en los taludes que se degradan por los efectos ambientales y las acciones humanas. Con el tiempo, tales sitios, son áreas apetecibles para el surgimiento de asentamientos humanos informales, que a la postre, se convierten en elementos vulnerables sometidos a riesgo.

Las alternativas biomecánicas que incluyen procesos de revegetalización son comúnmente utilizadas en distintas latitudes, como medio apropiado para corregir, prevenir y controlar laderas inestables. El Vetiver, entre otras gramíneas, es una especie vegetal que la comunidad académica y científica mundial muestran como elemento orgánico adecuado para estabilizar laderas y controlar procesos erosivos. Salvo honrosa experiencia de reciente aplicación, en una limitada área de clima tropical de la ciudad de Cúcuta, el Vetiver (de amplio uso en otras regiones nacionales e internacionales) no ha sido profusamente empleado en la región nortesantaderana.

El presente artículo muestra algunos planteamientos inherentes al desarrollo (en marcha) del proyecto de investigación “CONTROL BIOMECÁNICO DE LADERAS, EN ZONAS MINERAS ABANDONADAS”, el cual incluye el uso del Vetiver como especie vegetal de experimentación. Este proyecto se direcciona como solución ambiental del macro proyecto Ciudadela de la Arcilla, que en la actualidad lideran varios grupos de investigación de la Universidad Francisco de Paula Santander, de Cúcuta, con el auspicio de COLCIENCIAS y con el apoyo de la comunidad.

En razón al relativo corto tiempo que lleva el proyecto de investigación que se adelanta, no se mostrarán resultados pertinentes a la respuesta de la especie vegetal escogida para estabilizar geomateriales en pendiente. El artículo y presentación de la conferencia hará énfasis, entre otros aspectos, en: (1) Características del espacio físico seleccionado para adelantar el trabajo de revegetalización con Vetiver; (2) Metodología propuesta y (3) Lecciones preliminares, dejadas de la observación y seguimiento de un área estabilizada con Vetiver, tomada como patrón de comparación.

El proyecto de investigación está siendo liderado por el Grupo de Investigación en Geotecnia Ambiental (GIGA), bajo la tutoría de los autores del artículo, en el marco del Convenio Interinstitucional Universidad Francisco de Paula Santander – COLCIENCIAS y, dentro del Programa Jóvenes Investigadores que la segunda entidad nombrada coordina en Colombia.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

El proyecto investigativo, cuyo proceso de desarrollo está en marcha, es de carácter descriptivo y experimental y su realización se fundamenta en una metodología que compendia actividades pertinentes a trabajo de oficina (planeación, discusión y elaboración de documentos), de campo (desarrollo experimental) y de laboratorio (caracterización física, mecánica, química y orgánica de geomateriales), sin querer significar con el orden de enunciarlas, una secuencia cronológica estricta.

En líneas generales, se destacan como ejes centrales, las siguientes fases:

- a. Definición de criterios para selección de la zona física de recuperación ambiental con la especie vegetal Vetiver.
- b. Diseño y aplicación de instrumentos de captación de información.
- c. Revisión de antecedentes de la zona de estudio.
- d. Reconocimiento y caracterización del espacio físico escogido.
- e. Lectura crítica de información técnica sobre Vetiver, especialmente relacionada con su aplicación como elemento estabilizador de laderas.
- f. Diseño experimental del ejercicio de siembra.
- g. Evaluación comparativa del diseño experimental con otros desarrollos de estabilización de laderas con Vetiver, localizados en el área metropolitana de Cúcuta.

Se ha procurado, en cada una de las actividades inherentes a cada fase, involucrar a la comunidad y, a entidades oficiales, privadas y académicas, con la convicción que el aporte mancomunado de los diferentes actores sociales definitivamente contribuyen a consolidar y llevar a buen término el desarrollo del proyecto.

## 2.1 Zona de estudio

La población física del proyecto sujeta a ser estabilizada está integrada por las zonas mineras abandonadas, especialmente aquéllas que han quedado delimitadas en el contorno urbano. El área de muestra está constituida por una antigua mina de explotación de arcilla, ubicada en el barrio Antonio Nariño, del municipio de Villa del Rosario, departamento Norte de Santander, en el sector centro oriental del territorio colombiano. El sitio de experimentación está localizado a 10 minutos, por vía terrestre, de la población venezolana de San Antonio del Táchira y forma parte de un continuo geológico de sedimentos terciarios ubicados en piso térmico muy seco tropical.

La contaminación paisajística de la zona (embebida por el desarrollo urbano del municipio mencionado), la amenaza natural que representa para la población asentada, la dinámica de los procesos de remoción en masa que ocurren en el área, fueron entre otros criterios, factores decisivos en la selección del sector para probar la bondad del vetiver como especie vegetal apropiada para estabilizar laderas.

El terreno, caracterizado por geomateriales arcillosos de color pardo claro, con intercalaciones de yeso, de tipo plástico, untuosos al tacto en condición húmeda y friables en estado seco, registra geoforma mixta con geometría de vaso, configurado por los taludes tallados en forma artesanal durante el proceso de explotación minera. El fondo o sector plano del terreno está surcado por un canal natural de aguas, el cual ha sido convertido en desagüe de aguas servidas. Los taludes registran procesos de degradación progresiva por acción erosiva y eventos de remoción natural de tierras.

Sobre el área se ha desarrollado un asentamiento humano informal, de estrato socioeconómico bajo a muy bajo, con distintas ocupaciones laborales, cuya actividad afecta negativamente el entorno natural.

La Figura 1 registra la condición inicial del área objeto de recuperación. . La Figura 2 muestra uno de los taludes colapsados.



Figura 1. Área física de estudio



Figura 2. Talud colapsado.

Medidas de control de remoción de tierras, de tipo mecánico (construcción de muros de contención), han sido implementadas oficialmente en el área, para contrarrestar

procesos erosivos, rasgos de meteorización y remoción natural de tierras (deslizamiento rotacional); infortunadamente tales acciones no han mostrado resultados positivos.

## 2.2 Instrumentos de captación de información

El Anexo 1 contiene los cuadros No. 1, 2 y 3 que corresponden a instrumentos diseñados para captación de datos “in situ”, los cuales han sido diligenciados, mediante la modalidad de entrevista y aplicados a las personas que habitan el lugar.

## 2.3 Información sobre la especie vegetal

Los autores han adquirido información sobre el Vetiver a partir de la consulta bibliográfica científica existente en la Internet y mediante contactos establecidos con empresas comercializadoras de la especie vegetal. Se ha identificado, igualmente, una experiencia local (área metropolitana de Cúcuta) reciente, de estabilización de laderas erosionadas y propensas a procesos de deslizamientos, con buena adaptación de la gramínea. Ver figuras 3 y 4, registro de plantación de Vetiver como medio biomecánico de control de laderas, en el Barrio La Nidia, de la ciudad de Cúcuta.



Figura 3. Vetiver sembrado



Figura 4. Vetiver después de la poda.

## 2.4 Diseño experimental propuesto

Dentro de la zona de mina abandonada, ya descrita, se ha escogido como sector experimental de siembra, una franja de 200 m<sup>2</sup> de área (10m x 20m), dispuesta en ladera, con pendiente variable entre 10 y 25°.

La siembra está concebida por el sistema de surcos, franjeando el área mediante veinte (20) surcos de diez (10) metros de longitud cada uno, y con una densidad de diez (10) plantas por metro lineal. El proyecto contempla la plantación de 2200 haces enraizados de pasto vetiver, con una distancia de separación, dentro de la barrera, de diez (10) cm. Se ha dejado un margen de reposición del 10% de las plantas para cubrir eventualidades de pérdida de macollas sembradas.

El diseño experimental de siembra incluye, entre otras actividades, la caracterización agronómica, física, mecánica y química de los terrenos (antes y después de siembra), la adecuación y preparación del terreno con la aplicación de abono orgánico y el proceso de seguimiento. En el Anexo se registra el Cuadro 4, el cual revela uno de los instrumentos diseñados para captar datos durante del proceso de seguimiento.

## 2.5. Rasgos generales del proyecto base de comparación

<b>Proyecto</b>	Experimentación con Vetiver en un área de emplazamiento del Tanque de almacenamiento de agua potable ubicado en el Barrio Doña Nidia, de la ciudad de Cúcuta. Ver figura 4.
<b>Rasgos del predio</b>	Terreno en ladera con pendiente aproximada del 15%, conformado superficialmente por un complejo de cantos y limos rubicados con matriz limo arcillosa.
<b>Fecha de siembra</b>	Octubre del 2005
<b>Tipo de especie vegetal sembrada</b>	Vetiveria Zizanioides
<b>Respuesta encontrada</b>	Buena; de 1200 haces enraizados sobrevivieron 1000, equivalente al 83%; las plantas alcanzaron en 10 meses una altura de 1,50 m.
<b>Tipo y periodicidad de riego</b>	Los aspersores, inicialmente ubicados, fueron removidos. El riego se mantuvo durante las etapas de siembra y establecimiento de las plántulas, aproximadamente 3 meses.
<b>Tipo de abono empleado</b>	Abono orgánico.
<b>Insumo antiplaga utilizado</b>	No se registró presencia de plagas en el sector de siembra.
<b>Podas programadas</b>	Una (1). Infortunadamente realizada sin lógica cultural de preservación. Se perdió la inversión. Se observaron plántulas podadas a ras de piso, manualmente y con machete; otras fueron arrancadas totalmente del suelo y las hojas cortadas esparcidas por el suelo.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El nivel de desarrollo del proyecto, logrado a la fecha, permite plantear algunas características y lecciones aprendidas:

### 3.1 Respecto a la zona de estudio

El área sujeto de experimentación seleccionada registra problemas de deterioro ambiental progresivo, con evidencia de procesos de remoción natural de tierras no controlados por métodos físicos mecánicos.

Los bienes asentados y las personas que residen en el sector son un elemento vulnerable a eventos de amenaza natural por deslizamiento de tierras.

Algunas medidas de control adoptadas (con deficiencias en planeación y/o diseño) han detonado procesos de deslizamientos en el sector de estudio.

La no inclusión del sector al sistema de alcantarillado de aguas negras y la carencia en el área de un sistema de alcantarillado de aguas lluvias, recrudece el problemas de inestabilidad de taludes, del degenerar en una inadecuada disposición de aguas servidas.

### **3.2 En relación con el asentamiento humano del lugar**

- a. En el sector residen personas de bajas condiciones socioeconómicas. Se evidencia hacinamiento en algunos hogares.
- b. Las edificaciones son de bajas especificaciones, revelan manifestaciones de deterioro e impacto por la deficiente relación suelo-estructura y están localizadas en puntos de alta amenaza por deslizamiento y/o erosión.
- c. Se encontró buena disposición de los habitantes para cooperar con el proyecto.

### **3.3 Con referencia a lo observado en el Proyecto de experimentación del Barrio Doña Nidia.**

Puede citarse como lecciones:

- a. La raíz de las plántulas ya desarrolladas son delgadas, con abundantes ramificaciones y, fuertes.
- b. Se observa que las unidades arrancadas registran la raíz truncada, lo cual sugiere que parte de ellas queda emplazada en la matriz del suelo.
- c. Los tallos de las plántulas cortadas poseían “retoños”, que pueden ser base para la resiembra y re - establecimiento de la protección vegetal con Vetiver.
- d. Las hojas son rígidas y delgadas.
- e. En algunos surcos en pendiente se observó retención de sedimentos y mayor grosor del tallo. En los surcos situados en sector plano no se evidenció esta observación.
- f. Los sectores de siembra, con mayor regadío, muestran mejor comportamiento de la especie vegetal.
- g. Los sectores carentes de humedad y faltos de riego permanente dejan ver plantas con hojas decoloradas.
- h. Es necesario culturizar a las personas encargadas del cuidado de los cultivos y familiarizarlas con la especie vegetal; la cual en el caso particular del proyecto referenciado, fue confundida con maleza.
- i. Es importante brindar al desarrollo biomecánico las acciones de mantenimiento adecuadas y con la periodicidad debida.
- j. Algunos rasgos erosivos de carácter hídrico, con geometría de surco o cárcava, fue observado en las zonas entre líneas de barrera del sembradío. Se asocia el desarrollo erosivo identificado con defectos del diseño experimental de siembra (la separación entre surcos parece ser muy grande para la pendiente del terreno y distancia variable entre macollas no facilita una densidad de cobertura y amarre en línea para formar la barrera rígida natural).

## **CONCLUSIONES**

La respuesta positiva del sembradío realizado en el sector La Nidia hace suponer, dada la similitud geomorfológica y de suelos y la condición climatológica igual con la zona de experimentación del proyecto, que se tendrá una buena adaptación de la especie vegetal Vetiver, como medio de control biomecánico de laderas en las zonas mineras abandonadas.

La infortunada experiencia en la poda realizada en el sector La Nidia es un espejo que enseña la necesidad de instruir y culturizar a las personas del lugar sobre la naturaleza de la especie vegetal y la técnica apropiada de mantenimiento.

A juzgar por lo observado en el experimento de La Nidia, el riego es, al menos en los primeros meses, esencial para lograr una adaptación rápida y un buen afianzamiento de las plántulas al terreno.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Alcaldía municipal de Villa del Rosario. 2001. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Diagnóstico y formulación.

Alcaldía municipal de Villa del Rosario. 2004. Plan de desarrollo del municipio de Villa del Rosario.

Banco mundial, Tercera edición en español. 1995. Vetiver, la barrera contra la erosión.

Consultores Zulima Ltda. Investigación, gestión y ejecución de procesos agrosostenibles. 2005. Informe final del proyecto “Recuperación de suelos y manejo de la erosión en el área circundante a los tanques de agua de la EIS en el barrio Doña Nidia, ciudadela Juan Atalaya, municipio de Cúcuta.

Cuadrángulo geológico G13 de Cúcuta. Ingeominas. Colombia.

Instituto tecnológico Geominero de España. Tercera edición. 1996. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería.

La red Ecuatoriana de Vetiver – Ecuativer. Boletín Vetiver, Publicación divulgativa de la Red Latinoamericana del Vetiver. 2001. Ecuativer, la tecnología pasto Vetiver en Ecuador.

Paul Truong. 1999. (Boletín Vetiver, Publicación divulgativa de la Red Latinoamericana del Vetiver). Tecnología del pasto Vetiver para la rehabilitación de minas.

Pedroza R. Álvaro, 1998. Caracterización geológica – mineralógica – geotécnica de los suelos arcillosos que afloran en el área metropolitana de Cúcuta. Colombia.

Suárez D. Jaime. 1998. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Colombia.

Suárez D. Jaime. 1992. Manual de ingeniería para el control de la erosión. Colombia.

## ANEXO 1

**Instrumentos diseñados para captación de datos “in situ”. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “CONTROL BIOMECÁNICO DE LADERAS EN ZONAS MINERAS ABANDONADA, EJERCICIO DE EXPERIMENTACIÓN CON VETIVER”**

### **Cuadro 1. Datos de caracterización del sitio de proyecto**

Fecha de aplicación de la encuesta: \_\_\_\_\_

Encuestador \_\_\_\_\_

Cabeza de familia (persona que respondió la encuesta): \_\_\_\_\_

Grado de escolaridad del encuestado: \_\_\_\_\_

#### **1. DATOS GENERALES.**

1.1 Vivienda No.: \_\_\_\_\_

1.2 Dirección: \_\_\_\_\_

1.3 Ubicación relativa del inmueble:

a) Área próxima al sector de estudio \_\_\_\_\_

b) Dentro del área de estudio \_\_\_\_\_

c) Terreno plano sobre corona de talud \_\_\_\_\_

d) Terreno plano sobre base del talud \_\_\_\_\_

1.4 Número de familias por vivienda: \_\_\_\_\_

1.5 Número de personas por familia: \_\_\_\_\_

**NOTA: COMPLEMENTARIAMENTE DILIGENCIAR EL INSTRUMENTO IB**

#### **2. DATOS RELATIVOS A LA VIVIENDA.**

2.1 Tiempo de residencia en la zona: \_\_\_\_\_

2.2 Tenencia:

<b>Descripción</b>	<b>Terreno</b>	<b>Edificación</b>
Propio libre de embargo		
Propio, con embargo		
Arriendo		
Medianería		

2.3 Origen de ocupación de la vivienda:

- a. Heredada
- b. Adquirida por compra
- c. Donada por Corporación o Gobierno
- d. Invasión de terrenos públicos y levantamiento informal de la vivienda
- e. Invasión de terrenos privados y levantamiento informal de la vivienda
- f. Invasión de inmueble
- g. Otra modalidad

Observaciones (Descripción de la zona cuando llegaron): \_\_\_\_\_

2.4 Servicios básicos disponibles:

SERVICIO BÁSICO	PÚBLICO	PRIVADO
Agua potable		
Alcantarillado aguas servidas		
Recolección de basuras		
Energía eléctrica		
Alcantarillado de aguas negras		
Alcantarillado de aguas lluvias		
Teléfono		
Gas domiciliario		
Televisión por cable		
Internet		
Transporte		

2.5 Descripción de la vivienda

ASPECTO DE LA VIVIENDA	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
Tipo de vivienda	Unifamiliar	
	Bifamiliar	
	Un piso	
	Dos o más pisos	
	Apartamento	
Área lote		
Área casa		
# de habitaciones		
# de baños		
Piso	En tierra	
	En cemento	
	En retal de tableta	
	En cerámica	
	Otro (cual)	
Paredes	Bahereque	
	Tapia pisada	
	Ladrillo de obra	
	Adobe	
	Otro	
Techo	Zinc	
	Eternit	
	Teja de barro	
	Platabanda	
	Otro	
Carpintería	Madera	
	Metálica	
	Otro	
Acabados	Ladrillo a la vista	
	Pañete	
	Estuco – pintura	
	Enchape	
	Otro	

## 2.6 Otros usos complementarios o alternos de la vivienda

ASPECTO	DESCRIPCIÓN		OBSERVACIÓN
Solo vivienda			
Vivienda - Taller	Mecánica		
	electricidad - Electrónica		
	Sistemas		
	Confecciones		
	Otro		
Vivienda – local comercial	Tienda		
	Droguería		
	Papelería		
	Restaurante		
	Otro		

## 2.7 PATOLOGÍA

DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
- Levantamiento de pisos	
- Desgaste de pisos	
- Goteras	
- Caída de pañetes	
- Deterioro de ladrillos	
- Agrietamiento de muros	
- Defectos de la carpintería	
- Anormalidad arquitectónica (pintura defectuosa, vidrios rotos, inclinaciones, etc.)	
- Áreas locativas derrumbadas	
- Zona deslizada	
- Terreno inundable	
- Otros	

## 2.8 EVENTOS DE REMOCIÓN DE TIERRA ASOCIADOS AL SECTOR DE LA VIVIENDA

PROCESO DE REMOCIÓN DE TIERRA		OBSERVACIÓN
Tipo de remoción de tierra	Deslizamiento	
	Caída de bloques	
	Erosión	
	Flujo de tierra	
	Otro	
Datos del evento	Número de eventos	
	Fecha último evento	
	Pérdidas de vidas	
	Valor aproximado de pérdida	

4. ANTIGUO CHIRCAL

INFORMACIÓN SOBRE EL CHIRCAL INACTIVADO		
ASPECTO		DESCRIPCIÓN
Año de iniciación		
Año de cierre		
Tiempo promedio de funcionamiento		
Sistema de extracción	Manual	
	Mecanizado	
	Uso de explosivos	
	Otro	
Método de explotación (planeamiento de extracción del mineral)		
Geoambiente antes de la actividad del chircal		
Causas de cierre del chircal		
Geoambiente al momento del cierre del chircal		
Eventos asociados a remoción natural de tierras	Deslizamiento traslacional	
	Deslizamiento rotacional	
	Flujo	
	Caído de rocas	
Otro		
Obras de restauración implementadas		
Otro dato de interés.		

5. VÍAS DE ACCESO.

INFORMACIÓN VÍAS DE ACCESO.		
ASPECTO		DESCRIPCIÓN
TIPO	Primaria urbana	
	Secundaria urbana	
	Carreteable	
	Otro	
PAVIMENTO	Flexible	
	Rígido	
	Adoquinado	
	Otro tipo	
	En tierra	
TIPO DE VEHÍCULO	Carga pesada	
	V. de pasajeros	
	Vehículo liviano	
	Otro	
Otros datos de interés		



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “CONTROL BIOMECÁNICO DE LADERAS EN ZONAS MINERAS ABANDONADA, EJERCICIO DE EXPERIMENTACIÓN CON VETIVER”**

**Cuadro 3. Información geológica – geotécnica de los suelos**

Muestra No.	Color	Resistencia en estado seco.		Dilatancia		Tenacidad.		Sedimento			Brillo.	
		Baja	Alta	Rápida	Lenta	Baja	Alta	S	M	C	Con	Sin
Muestra No				Ubicación								

Propiedad	Prueba
Color	Descripción organoléptica
Resistencia en estado seco.	
Dilatancia	Reacción al sacudimiento
Tenacidad.	
Sedimento	Prueba de sedimentación (Stokes)
Brillo	Descripción organoléptica

**II. METEORIZACIÓN.**

FACTOR PREDOMINANTE	DESCRIPCIÓN	
Agua		
Temperatura		
Vegetación		
Humedad relativa		
Acción antrópica		
Otro factor		
CARÁCTER DE LA METEORIZACIÓN		
Proceso involucrado	Descripción	
	M. MECÁNICA	M. QUÍMICA
Desintegración		
Descascaramiento		
Fracturación		
Ablación /abrasión		
Exfoliación		
Oxidación		
Reducción		
Carbonación		
Carbonatación		
Hidrólisis		
Otro proceso		

### III. EROSIÓN.

AGENTE DOMINANTE	DESCRIPCIÓN		
AGUA	Lluvia		
	Lago		
	Caño natural		
	Servida vertida sobre superficie		
	Depósito		
	Otro tipo		
VIENTO			
GRAVEDAD			
PLANTAS			
ANIMALES			
HOMBRE			
GRAVEDAD			
GEOMETRÍA DE LA GEOFORMA EROSIONADA			
TIPO	DESCRIPCIÓN		
E. LAMINAR			
E. EN SURCO			
E. EN CÁRCAVA			
E. EN TATUCO			
E. TUBIFICACIÓN			
E. RADIAL			
E. DENDRITICA			
E. EN RASTRILLO			
E. EN SURO			
E. ESTORAQUE			
Otro modelo geométrico			
EROSIÓN			
HÍDRICA	Pluvial		
	Fluvial		
	Glacial		
	Lacustre		
	Humedad relativa		
	Subterránea		
RÉGIMEN	Escorrentía permanente		
	Sequía permanente		
	Períodos alternos de invierno - verano		
	Vertimiento de aguas servidas sobre superficie		
	Depósito de aguas negras al aire libre		
	Otro		
ANTRÓPICA	Densidad urbana		
	Sobrepastoreo		
	Minería		
	Depósito de residuos		
	Deforestación		
	Inadecuado manejo de aguas		
	Desarrollos industriales		
Otra actividad			

<b>PROBLEMAS ASOCIADOS CON PROCESOS EROSIVOS</b>	
	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Pérdida de capa orgánica	
Deterioro de paisaje natural	
Obstrucción de drenajes naturales	
Pérdida gradual de terrenos	
Daño de pavimentos	
Deterioro de viviendas	
Pérdida de cultivos	
Pérdida de otros bienes materiales	
Pérdida de vidas humanas	
Problemas de salubridad	
Otro	

<b>CALIFICACIÓN DESCRIPTIVA DEL PROCESO EROSIVO PRESENTE</b>	
<b>GRADO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Sin registro de procesos erosivos	
Erosión incipiente	
Erosión ligera	
Erosión moderada	
Erosión severa	
Proceso irreversible	

## **VI. MACIZO ROCOSO**

<b>CARACTERIZACIÓN DEL MACIZO ROCOSO</b>				
<b>FACTOR</b>		<b>DESCRIPCIÓN</b>		
<b>LITOLOGÍA</b>	<b>Rocas ígneas</b>			
	<b>Rocas sedimentarias</b>			
	<b>Rocas metamórficas</b>			
	<b>Conglomerados</b>			
	<b>Suelos</b>			
	<b>Otro</b>			
<b>DISCONTINUIDADES</b>	<b>Familias de juntas</b>			
	<b>ESPACIAMIENTO</b>		<b>RUGOSIDAD</b>	<b>RELLENO</b>
	<b>FJ1</b>			
	<b>FJ2</b>			
	<b>FJ3</b>			
	<b>FJ4</b>			
<b>ESFUERZOS IN SITU</b>				
<b>FLUIDOS</b>				
<b>PERFIL DE METEORIZACIÓN</b>				
<b>OTROS DATOS DE INTERÉS DEL MACIZO ROCOSO</b>	<b>Aptitud de las discontinuidades</b>			
	<b>Continuidad de la discontinuidad</b>			
	<b>Tamaño del bloque</b>			
	<b>Descripción del macizo según la forma del bloque</b>			
	<b>Otra información</b>			

## V. Estructuras geológicas

ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS		
CARÁCTER	TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
FALLA GEOLÓGICA	FALLA NORMAL	
	FALLA INVERSA	
	FALLA DE CABALGAMIENTO	
	FALLA DE ESCURRIMIENTO	
PLEGAMIENTO	HOMOCLINAL	
	ANTICLINAL	
	SINCLINAL	
	Otro	

Cuadro 4. Instrumento para captar información del diseño experimental.

PROYECTO DE REVEGETALIZACIÓN COMPARATIVO								
Sector								
Proyecto								
Entidad dueña del proyecto								
Entidad responsable del proceso de revegetalización								
Área protegida, m <sup>2</sup>								
Condición de geoforma								
Proceso de remoción natural presente								
Características del suelo								
Diseño experimental de siembra	Número de surcos							
	Longitud de los surcos							
	Espaciamiento entre surcos							
	Macollas sembradas por surco							
	Espaciamiento entre macollas							
	Tipo y periodicidad de riego							
	Tipo de abono empleado							
	Insumo antiplaga utilizado							
	Podas programadas	Número						
		Periodicidad						
Altura de corte								
Forma de la poda								
Fecha de siembra								
Procedencia de la especie vegetal								
Observaciones								
OBSERVACIÓN Y SEGUIMIENTO			1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>
No.	DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO							
1.	Número de plántulas en pie							
2.	Número de plántulas que no sobrevivieron							
3.	Número de plántulas reemplazadas							
4.	Número mínimo de hojas por planta							
5.	Número máximo de hojas por planta							
6.	Moda (del número de hojas)							
7.	Altura mínima de la planta, cm							
8.	Altura máxima de la planta, cm							
9.	(Moda de la altura), cm							
10.	Longitud mínima de la hoja, cm							
11.	Longitud máxima de la hoja, cm							
12.	(Moda de la longitud de la hoja), cm							
13.	Espesor mínimo del tallo, cm							
14.	Espesor máximo del tallo, cm							
15.	(Moda del espesor del tallo), cm							

Datos del autor que presentará la ponencia:

**NUBIA ANDREA JAIMES RODRÍGUEZ**

Ingeniera Civil. Universidad Francisco de Paula Santander. 2004.

Joven Investigadora. Convocatoria COLCIENCIAS 2005.

Miembro fundador del Grupo de Investigación en Geotecnia Ambiental – GIGA. 2003.

Coordinadora del Semillero del Grupo de Investigación en Geotecnia Ambiental – SIGIGA. 2005