

**EVALUACIÓN DE MODELO A ESCALA PARA CONTROL DE EROSIÓN
MEDIANTE USO DE MANTOS SINTÉTICOS Y REVEGETALIZACIÓN. ESTUDIO
DE CASO: LOMAS DEL MARION, CARTAGENA COLOMBIA**

Claudia Díaz Mendoza^{1*}, Juan Carlos Valdelamar¹
Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cra 44D # 30^a-91, Teléfono: 6723700
Cartagena de Índias, Colombia

32

En Colombia y América Latina los procesos de degradación de suelos a partir de fenómenos erosivos se han venido incrementando de manera acelerada por múltiples causas, algunas de ellas de tipo físico químico del suelo y otras generadas por cambios en el uso del recurso, razón por la cual se ha venido trabajando con alternativas de bioingeniería para manejo y control de procesos erosivos. En el trabajo de investigación realizado, se plantea una metodología en la cual se evalúan los parámetros de crecimiento y cobertura de un modelo a escala donde se ensayan tres tipos de mantos sintéticos: uno temporal de tejido abierto (Biotex) y dos permanentes de resistencia variable (Terratrac TRM 15 y Terratrac TRM 50). Siguiendo un diseño de experimentos bifactorial (tipo de manto y de fertilizante: Compost y Lombricompuesto), con un tratamiento y tres réplicas, teniendo como variables de respuesta, el porcentaje de cobertura (%) alcanzada por la especie sembrada (*Brachiaria decumbens*) y el crecimiento semanal (mm/día) de los especímenes. El tratamiento de mejor comportamiento es el presentado por el manto temporal de tejido abierto con mezcla fértil a partir de Compost, el cual logró mejorar las condiciones nutricionales iniciales del suelo.

Palabras clave: erosión, revegetalización, mantos sintéticos, abonos

**EVALUATION OF SCALE UP MODEL TO CONTROL EROSION USING
SYNTHETIC BLANKETS AND REVEGETATION
MARION HILLS, CARTAGENA – COLOMBIA**

In Colombia and Latin America the processes of soil degradation from erosion phenomena have been raising at an accelerated rate due to multiple causes, some of them are physical and

* e-mail: cdiaz@tecnologicocomfenalco.edu.co

chemical soil type and other generated by changes in resource use. Reason for which we have been working with bioengineered alternatives for management and erosion control. The research work sets out a methodology in which efficiency is assessed in terms of growth parameters and coverage of a scale model where we tested three types of synthetic blankets, a temporary open weave (Biotex) and two permanent variable resistance (Terratrac TRM TRM Terratrac 15 and 50). Following a two-factor experimental design (type of blanket and fertilizer: compost and vermicompost), with a treatment and three replicates, having as response variables, the percentage of coverage (%) reached by the sown species (*Brachiaria decumbens*) and weekly growth (mm / day) of specimens. The treatment of improved performance is presented by the temporal blanket of open tissue from fertile mix compost, which improves the nutritional initial soil conditions.



Keywords: erosion, revegetation, mantles synthetic, fertilizers

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente en Latinoamérica se desarrollan múltiples experiencias para control de erosión, buscando desarrollar técnicas de bioingeniería que controlen este fenómeno generado por distintos procesos como lluvias, vientos, tala indiscriminada de árboles, cambios en el uso del suelo, entre otros factores; como consecuencia de lo anterior, se han planteado diversas alternativas que buscan costos de implementación bajos y soluciones eficaces. La bioingeniería se ha constituido en la mejor alternativa para lograr una recuperación integral del suelo por medio del uso de estructuras vivas, Romero *et al* (2009). Hay múltiples trabajos documentados en los que se evidencia el uso de Tecnología de Sistemas Vetiver (TSV) (Empresas, Vetiver, & Consultant, 2006), mantenimiento de barreras vivas, usando al vetiver como planta matriz para el control de erosión, tal es el Caso de Venezuela, también en Ecuador se tiene conocimiento de trabajos con empalizadas hechas en bambú y sistemas de pastos.

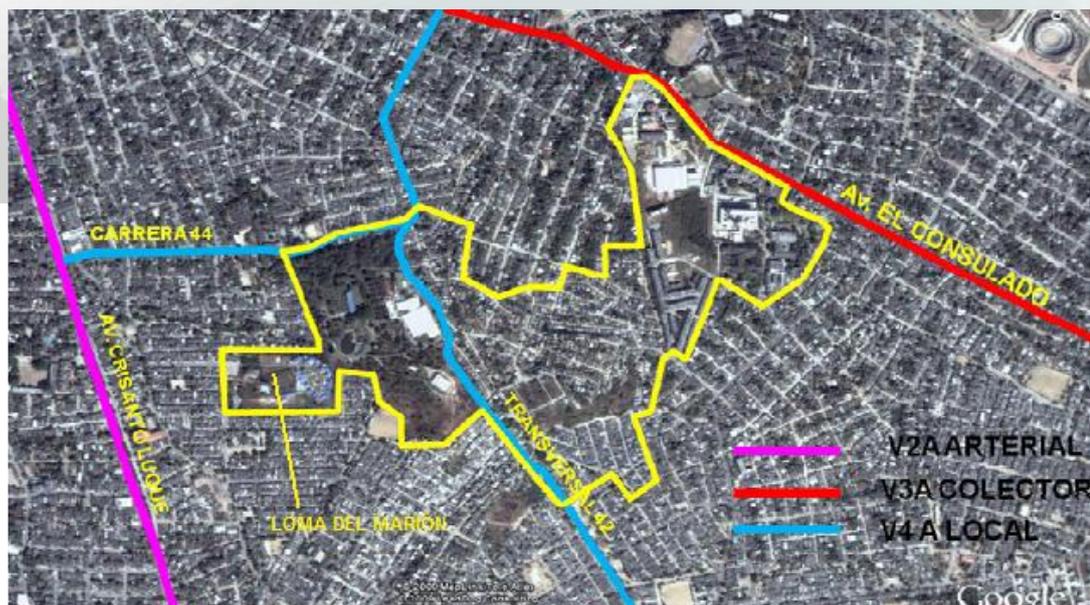
Dentro de las principales alternativas para la recuperación integral de un suelo se encuentra la bioingeniería. Ésta es una herramienta que consiste en la construcción tanto de cercas vivas más fuertes, que sirven de refuerzo, como de drenajes hidráulicos y barreras para contener la erosión y los movimientos masales (Babalola, Oshunsanya, & Are, 2007). En la investigación de bioingeniería desarrollada se evaluó la efectividad de un modelo a escala propuesto para control de erosión en pendientes inferiores a 45 grados, donde se tomaron como variables de estudio las características de crecimiento y cobertura de las especies vegetales y la variación frente a tres tipos de mantos sintéticos y dos tipos de mezclas fértiles.



2 METODOLOGÍA

En la etapa inicial del proyecto, se realizó la caracterización física y química de dos zonas afectadas por procesos erosivos en el sector de lomas del Marión, en Cartagena. Colombia (georeferenciación: N 10° 23' 48'' y W 75° 30' 29''). (Figura 1)

Figura 1. Localización Loma del Marión Cartagena, Colombia



Fuente: Plan Parcial Lomas del Marión y Zaragocilla

Posteriormente, con base en los resultados de caracterización del suelo, se realizó el diseño de mezclas fértiles a implementar para conseguir la mejora en la parte nutricional del suelo; como parte del diseño experimental de campo, se instalaron tres tipos de mantos geosintéticos: temporal de tejido abierto (Biotex) y permanentes de resistencia variable (Terratrac TRM 15 y Terratrac TRM 50) (Figura 2).

Figura 2. Instalación de manto en área piloto



Siguiendo un diseño de experimentos bifactorial (tipo de manto y de fertilizante: Compost y Lombricompuesto), con un tratamiento y tres réplicas, teniendo como variables de respuesta, el porcentaje de cobertura (%) alcanzada por el pasto sembrado (*Brachiaria decumbens*) y el crecimiento semanal (mm/día) de los especímenes. Los datos obtenidos se compararon mediante un ANOVA a dos vías, con ayuda del paquete estadístico Statgraphic Centurion XV®.

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis físico del suelo arrojó como resultado que la estratigrafía de la zona en su estrato superiores ($h < 1,0$ m) estaba conformado por arcillas de alta y baja plasticidad, pardas claras con vetas grises y óxidos, de consistencias blandas. El análisis químico del suelo de la zona en

estudio muestra un bajo contenido de potasio, deficiencias en fósforo, hierro y nitrógeno, tal como se indica en la tabla 1, comparada con valores de referencia (Julca-Otiniano, Meneses-Florián, Blas-Sevillano, & Bello-Amez, 2006). En el área de estudio existía una fuerte influencia de factores antropogénicos, tales como disposición inadecuada de residuos sólidos y vertimientos indiscriminados de aguas residuales sobre los taludes. Adicionalmente en la zona se habían utilizado pozos sépticos como sistema de disposición de aguas servidas, lo cual había generado inestabilidad estructural de suelos por saturación.

Tabla 1. Análisis químico de muestras de suelo, Lomas de Marión Cartagena

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR	OBSERVACION
POTASIO	meq/100cc	0,16	Bajo
FOSFORO	Ppm	7,0	Deficiente
NITROGENO NITRICO	Ppm	5,0	Deficiente
HIERRO	Ppm	20,0	Deficiente
COBRE	Ppm	0,5	Bajo
ZINC	Ppm	1,3	Bajo
CALCIO	meq/100cc	7,07	Alto
MAGNESIO	meq/100cc	9,34	Excesivo
SODIO	meq/L	6,34	Alto
AZUFRE	Ppm	157	Excesivo
pH		7,27	Alto

Fuente: Laboratorio Dr. Calderón. Bogotá

El tratamiento propuesto, para el modelo a escala de área 13 m², incluyó la elaboración de mezclas fértiles que logran suplir la deficiencia nutricional del suelo y aportar las condiciones aptas para la germinación de las especies a sembrar y la estabilidad radicular requerida para el modelo, para que junto con los diferentes mantos implementados logran realizar el control de

la erosión en el área propuesta. Los abonos orgánicos empleados incluyeron Compost y Lombricompuestos, con las características químicas mostradas en la tabla 2 (Del, Su, Con, & En, 2012), donde se evidencia que los abonos propuestos presentan un contenido de nutrientes que logra satisfacer los requerimientos del suelo. Adicional se observa que entre las muestras de compost y lombricompuesto existe una variación entre los contenidos de fósforo, magnesio, calcio y sodio, lo cual puede influir en la respuesta que el suelo tenga en cuanto a la germinación, adaptación y crecimiento de las especies en la zona tratada.



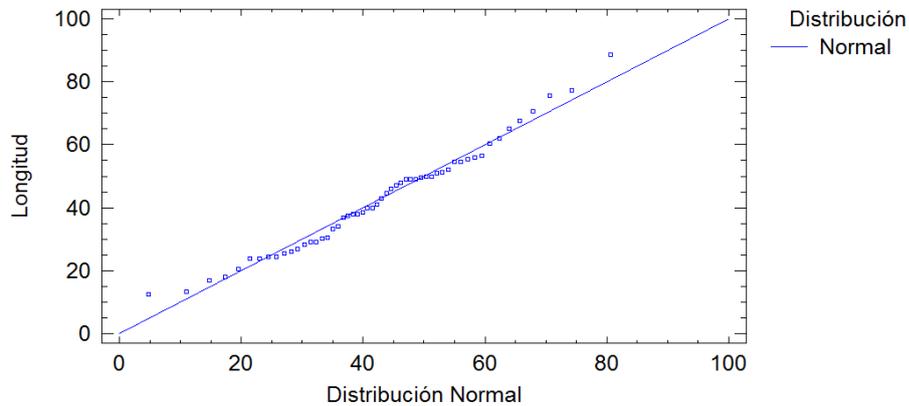
Tabla 2. Propiedades químicas de los abonos orgánicos

ELEMENTO	UNIDAD ⁱ	COMPOST	LOMBRICOMPUESTO
POTASIO	cmol+/kg	9.95	22.43
FOSFORO	mg/kg	1038.4	73.0
AZUFRE	mg/kg	198.1	109.6
HIERRO	mg/kg	0.8	4.2
COBRE	mg/kg	0.4	0.6
ZINC	mg/kg	0.8	5.4
CALCIO	cmol+/kg	24.0	12.5
MAGNESIO	cmol+/kg	10.8	2.5
SODIO	cmol+/kg	2.28	15.22
Materia Orgánica	%	17.12	46.08
pH	1:1	7.16	7.35

Fuente: Laboratorio Universidad de Córdoba

Se aplicaron pruebas de Normalidad para Longitud de crecimiento de la especie, Chi-cuadrado y Estadístico W de Shapiro-Wilk; debido a que el valor P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05 (Figura 3). Este valor nos indica que los datos analizados corresponden con una distribución normal con 95% de confianza para el análisis estadístico.

Figura 3. Análisis de distribución normal para Crecimiento



Existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos analizados. La combinación Biotex y compostaje ofrece mejores garantías en cuanto a crecimiento; en la Figura 4, se evidencia que los valores de longitud total de las especies monitoreadas son superiores para los tratamientos Biotex – Compost y Biotex Lombricompuesto; lo cual puede ser atribuido a las características físicas del manto temporal de tejido abierto, que facilita el crecimiento de las especies (Figura 5).

Figura 4. Comparación Tipo de Tratamiento vs Longitud total

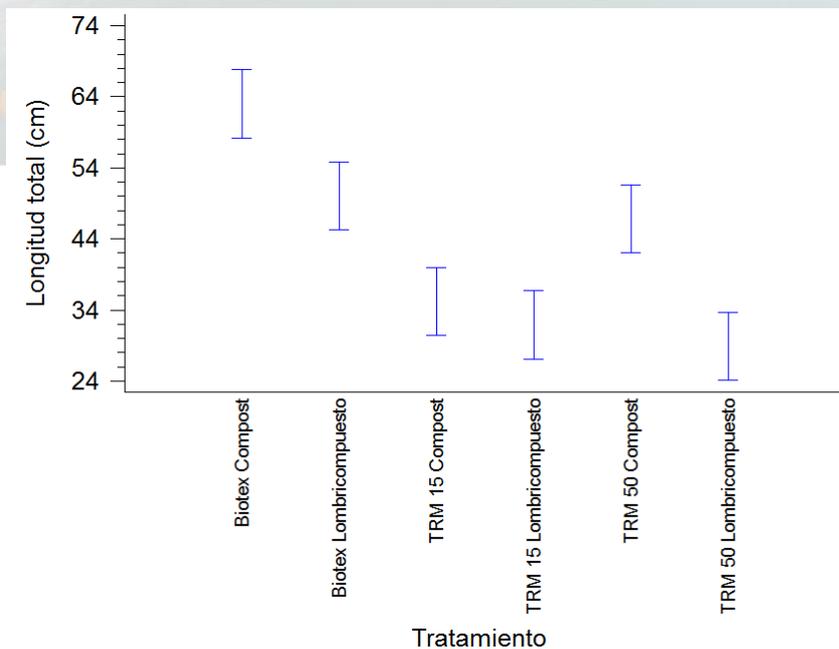
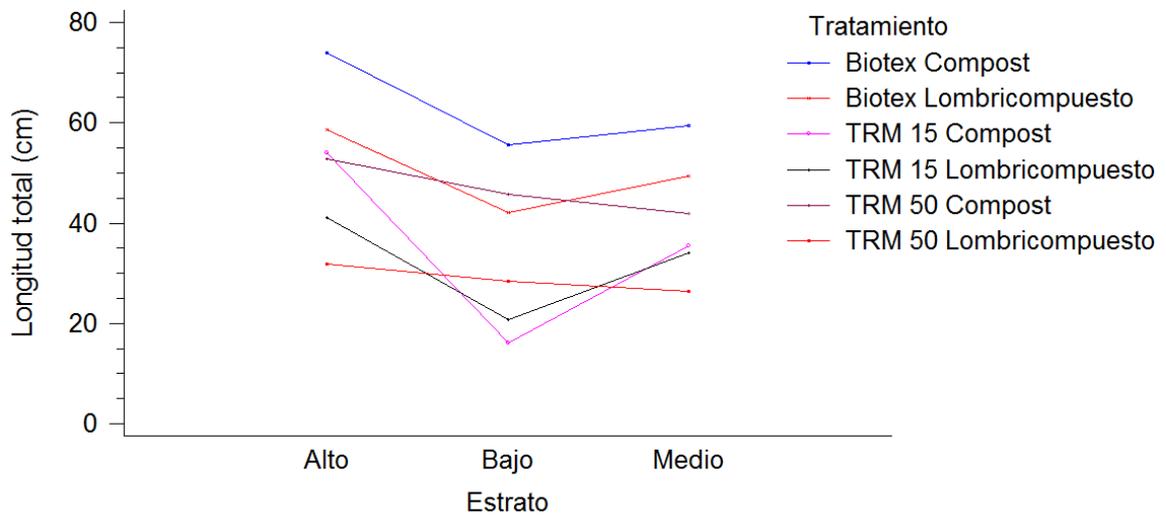


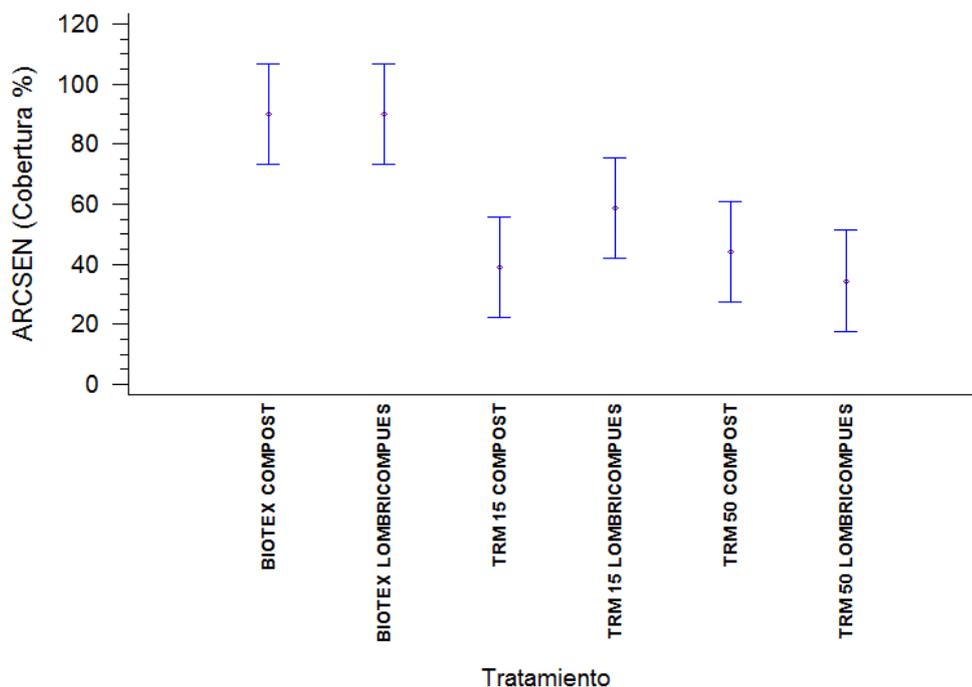
Figura 5. Crecimiento de *Brachiaria decumbens*

En cuanto a la diferencia presentada en el comportamiento de los dos abonos empleados compost y lombricompost, se puede atribuir a que el compost presenta valores superiores de Calcio y Fósforo, que son los nutrientes que se encontraban deficientes en el suelo originalmente; además el Fósforo como Macronutriente en el suelo contribuye a que las raíces y las plántulas se desarrollen rápidamente, con lo cual se ganaría mayor longitud en menor tiempo.

El tratamiento menos eficiente, fue evidenciado en la combinación de TRM50 con Lombricompost. El análisis comparativo de las mismas variables de acuerdo a tres posiciones en el estrato (baja, meda y alta), mostró que existían diferencias entre estas, siendo las partes altas las que presentaron mayores valores de cobertura y crecimiento como se puede observar en la Figura 6, se observa igualmente que la zona que presenta un comportamiento más crítico en cuando a crecimiento es la del medio, lo cual puede ser atribuido al valor de pendiente y incidencia de la lluvia .

Figura 6. Análisis de Tratamiento, longitud total vs nivel

La figura 7 muestra el análisis desarrollado para evaluar cobertura, de acuerdo al tipo de tratamiento empleado. Se evidencia que con los tratamientos de Biotex lombricomposto y Biotex compost, se logran valores superiores de cobertura al cabo de dos meses de monitoreo, mientras que para mantos permanentes TRM 15 y TRM 50, las coberturas alcanzadas son inferiores. Se debe revisar la absorción de agua en el suelo en este tipo de mantos, ya que por su naturaleza estructural y fibra de poliéster, protegen el suelo contra la acción del agua controlando la erosión, pero a su vez puede influir en la baja cobertura de las especies vegetales que fue obtenida, debido a que en etapas iniciales, para la germinación y crecimiento de las plántulas se requiere una adecuada humectación del suelo.

Figura 7 Análisis de Tratamiento vs cobertura

Se realizaron pruebas de Análisis de Varianza (ANOVA), debido a que los datos de cobertura no cumplieron con los supuestos de normalidad, ni de homocedasticidad, se realizó una prueba no paramétrica, mediante el test de Kruskal Wallis, cuyos resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Prueba de Kruskal-Wallis para Cobertura por Tratamiento

<i>Tratamiento</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Promedio del Intervalo</i>
BIOTEX COMPOST	5	25,5
BIOTEX LOMBRICOMPUES	5	25,5
TRM 15 COMPOST	5	10,3
TRM 15 LOMBRICOMPUES	5	13,5
TRM 50 COMPOST	5	10,3
TRM 50 LOMBRICOMPUES	5	7,9
Estadístico = 21,33	Valor-P = 0,0007	

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis de que las medianas de cobertura dentro de cada uno de los 6 niveles de Tratamiento son iguales. Primero, se combinan los datos de todos los niveles y se ordenan de menor a mayor. Luego, se calcula el intervalo (rank) promedio para los datos de cada nivel. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

La calidad del suelo según Karlen *et al* (2008) “es la capacidad del suelo de funcionar en un ecosistema dado manteniendo la productividad biológica, la calidad ambiental y promover la salud de plantas y animales”; cuando un suelo pierde las condiciones de estabilidad estructural ó se modifican sus propiedades físico químicas (Karlen et al., 2008), tiende a iniciar un proceso de degradación, el cual se manifiesta de forma severa cuando se generan fenómenos erosivos. En el caso de suelos de Lomas del Marión en Cartagena, los suelos presentan una deficiencia nutricional, asociada a la presencia de factores antropogénicos que inducen cambios en su uso, lo anterior ha afectado su calidad ambiental y ha generado erosión.

Cambios en el uso del suelo pueden producir procesos de acidificación y contaminación del suelo generado por presión humana (Úbeda, Outeiro, & Sala, 2006). La pérdida de cobertura vegetal provoca la pérdida de materia orgánica edáfica y poco tiempo después el suelo pierde su calidad, creciendo el riesgo de erosión. Estudios realizados para recuperación y regeneración de suelos degradados por diferentes causas, han obtenido óptimos resultados con el empleo de residuos frescos y compostados (Pascual, Hernandez, Garcia, De Leij, & Lynch, 2000), lo anterior se puede verificar con los resultados del estudio realizado, donde los tratamientos aplicados usando compost y lombricompuestos dieron como resultados altos porcentajes de cobertura vegetal, que al ser combinados con los mantos sintéticos generan una mejor protección al suelo contra la erosión.

Sobre pendientes acusadas ó sobre suelos muy erosionables, puede ser necesario mantener algunas fajas con vegetación permanente (Filho, Ferreira, & Ferreira, 2011), por esta razón el modelo propuesto genera una barrera viva, que al combinar sistemas de pastos con mantos proporciona estabilidad y progresiva acumulación de suelos pendiente arriba, lo cual genera una zona de amortiguación.

4 CONCLUSIONES

El modelo propuesto es una herramienta útil para evaluar en términos de crecimiento y cobertura, la efectividad de tratamientos de control erosivo mediante el uso de mantos Geosintéticos y fertilizantes orgánicos, permitiendo identificar las mejores combinaciones acorde al tipo de suelo en que se desean implementar, igualmente se identificó como el tratamiento más eficiente en términos de crecimiento de individuos y cobertura, a aquel constituido por Biotex y Compost, seguido por Biotex y lombricompost. Se identificó que la respuesta positiva del suelo al abono orgánico compost se atribuyó en gran parte a su elevado contenido de nutrientes como Calcio y Fósforo que era la mayor deficiencia nutricional que presentaba el suelo al inicio del proyecto. Se identificó una respuesta menor en cuanto al tratamiento de TRM 50 lombricompost.

Novos Saberes, v. 2, n. 2 (2015)

En términos generales, el proyecto permitió concluir que los mantos sintéticos temporales de tejido abierto (Biotex), permiten una mejor respuesta frente al tiempo de germinación, crecimiento y cobertura de especies vegetales, mientras que los mantos permanentes de resistencia variable (Terratrac TRM 15 y Terratrac TRM 50), su respuesta en cuanto a cobertura y adaptación de las especies es un poco menor, a pesar de ser éstos últimos de mayor resistencia física en el momento de realizar la estabilización.

Agradecimientos: Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco y Armonía Ambiental Ltda.

6 BIBLIOGRAFÍA

BABALOLA, O., OSHUNSANYA, S. O., & ARE, K. **Effects of vetiver grass (*Vetiveria nigriflora*) strips, vetiver grass mulch and an organomineral fertilizer on soil, water and nutrient losses and maize (*Zea mays*, L) yields.** Soil and Tillage Research, 96, p. 6–18 (2007)

BORGES J., BARRIOS M., SANDOVAL E., BASTARDO Y., & MÁRQUEZ O. (2012). Características Físico Químicas del suelo y su asociación con macroelementos en áreas destinadas a pastoreo en el estado de Yaracuy, Bioagro 24(2), 121–126.

FILHO, J. T., FERREIRA, R. R. M., & FERREIRA, V. M. **Fertilidade química de solo sob pastagens formadas com diferentes espécies nativas e com *Brachiaria decumbens* manejadas com queimadas anuais.** Semina: Ciências Agrárias, 32, p. 1771–1782 (2011).

JULCA-OTINIANO, A., MENESES-FLORIÁN, L., BLAS-SEVILLANO, R., & BELLO-AMEZ, S. **La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura.** Idesia, 24, p. 49–61, (2006).

KARLEN, D. L., ANDREWS, S. S., WIENHOLD, B. J., & ZOBECK, T. M. **Soil Quality Assessment: Past, Present and Future.** J. Integr. Biosci., 6(1), p. 3–14 (2008).

LUQUE R., LISENA M., & LUQUE O. (2006). Vetiver System for Environmental Protection of Open Cut Bauxite Mining at “Los Pijiguaos”– Venezuela. 1–16.

PASCUAL, J. A., HERNANDEZ, T., GARCIA, C., DE LEIJ, F. A. A. M., & LYNCH, J. M. **Long-term suppression of *Pythium ultimum* in arid soil using fresh and composted municipal wastes.** Biology and Fertility of Soils, 30, p. 478–484 (2000)

ROMERO, M. P.; SANTAMARÍA, D. M.; ZAFRA, C. A. **BIOINGENIERÍA Y SUELO: ABUNDANCIA MICROBIOLÓGICA, pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA BAJO TRES ESTRATOS DE EROSIÓN.** (2009). Umbral Científico, Bogotá Colombia No.15 p.67 - 74.

ÚBEDA, X., OUTEIRO, L. R., & SALA, M. **Vegetation regrowth after a differential intensity forest fire in a mediterranean environment, northeast Spain.** Land Degradation and Development, 17, 429–440 (2006)

Sobre Claudia Díaz-Mendoza:

La ingeniera Civil, especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad de Cartagena, Claudia Díaz Mendoza realizó estudios de Máster en Gestión y Auditoría Ambiental en la Universidad Politécnica de Catalunya. Actualmente se desempeña como Coordinador de investigación de los Programas Ambientales de la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, líder del Grupo de Investigación Ambiental GIA, líder de área de suelos, con proyectos de investigación desarrollados en Manejo de residuos sólidos para Calidad Ambiental de Playas 2010-2015 en el marco del proyecto interinstitucional ICAPTU, programa de manejo de residuos sólidos y 3R en Proyectos Ambientales Escolares significativos PRAES, realizados en cooperación con empresas Fundación Mamonal, CBI y Reficar 2013-2014.
