

RECUPERACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y PROPIEDADES ECOLÓGICAS
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA ESPECIE HERBÁCEA *CENTROSEMA
MACROCARPUM* EN LOS SUELOS DE BOSQUE SECO TROPICAL DEGRADADOS
EN TERRENOS DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
SECCIONAL OCAÑA. COLOMBIA.

Leddy Torcoroma Perez Perez, leddypere@hotmail.com, Asociación medioambiental myquenk, Jhon Salvador Arévalo Bacca, jsarevalob@ufpso.edu.co U.F.P.S Universidad Francisco de Paula Santander. Colombia

Este proyecto se basa en el uso de la especie *Centrosema macrocarpum* con la finalidad de recuperar la cobertura vegetal herbácea y al vez frenar los procesos erosivos activos en el bs-PM-T bosque seco Premontano Tropical lo que permite a largo plazo brindar un soporte apto para la restauración ecológica y mecanismos para la conservación de la biodiversidad. El objetivo general es revegetalizar los suelos intemperizados y los objetivos específicos consisten en elaborar el diagnóstico inicial mediante análisis físicos (textura y tipo de erosión), químicos (elementos presentes en el suelo, pH), climatológicos (precipitaciones anuales y temperatura) y fotointerpretaciones (fotografías aéreas) del área de estudio; cuantificar la germinación (mediante la comprobación “ex situ” de las semillas sembradas y semillas germinadas en condiciones similares), siembra y evaluación del desarrollo de la especie herbácea en relación a su crecimiento y cobertura vegetal a través de indicadores de germinación, crecimiento y función de la especie; y, evaluar la eficiencia para el establecimiento de coberturas vegetales, mediante la comparación con una parcela control y otra únicamente con labranza mínima bajo condiciones naturales.

Como resultado observamos como la especie *Centrosema macrocarpum* logra establecer (a corto plazo) una restauración ecológica desde el principio de recuperación de la cobertura vegetal herbácea, muy significativa, para el área de estudio, que logra persuadir el deterioro ambiental de estos suelos principalmente por la manifestación natural común del área de estudio por las condiciones climáticas, como son la erosión edáfica progresiva y el deterioro de áreas naturales.

“Restauración natural frena el proceso erosivo”

Recuperación de la cobertura vegetal y propiedades ecológicas mediante la utilización de la especie herbácea *Centrosema macrocarpum* en los suelos de bosque seco tropical degradados en terrenos de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña. Colombia.

Leddy Torcoroma Pérez Pérez, leddypere@hotmail.com, Asociación medioambiental myquenk, Jhon Salvador Arévalo Bacca, jsarevalob@ufpso.edu.co U.F.P.S Universidad Francisco de Paula Santander. Colombia

El suelo es uno de los recursos naturales más valiosos con que cuenta un país para su desarrollo económico y social de sus características y adecuadas prácticas de manejo, depende básicamente el desarrollo de una región. En Colombia, se caracterizan por ser muy diversos, pero frágiles; en su generación y modificación intervienen estructuras y procesos climáticos, geológicos y ecológicos del territorio, y su estado depende, además, de los procesos sociales, económicos, técnicos y políticos a que están sometidos. En la actualidad aproximadamente 49 millones de hectáreas de la superficie del territorio (equivalente al 48 % del país), presenta procesos de desertificación, es decir, de erosión del suelo. Debido a la importancia del recurso suelo, es fundamental propender por el desarrollo de programas de restauración de áreas degradadas, mediante estudios que permitan reconocer el efecto de la vegetación en condiciones naturales o antrópicas, con la finalidad de controlar la erosión y contribuir con la recuperación de bosques en Colombia. La Universidad Francisco de Paula Santander en Colombia, se caracteriza por poseer, dentro de su terreno, una zona de vida calificada como (bs-PM-T) bosque seco pre montano tropical según Holdridge. Es por esto, la finalidad de que la Universidad cuente con espacios de conservación y preservación que garantice la perpetuación de las condiciones ecológicas, sin embargo el estado de deterioro no permite que las iniciativas avancen. En el país, los ecosistemas de bosque seco, se encuentran altamente amenazados, representados en tan solo el 2% del territorio.¹ Este bioma se constituye en remanente de vegetación, debido a diferentes presiones a las que se ven sometidos. Se presentan los tres procesos erosivos: laminar, por surcos, y cárcavas creando un efecto borde dentro del ecosistema, fragmentándolo en remanentes y relictos a nivel local, que pone en peligro las especies de flora y fauna nativas del lugar. Por ello, se hace necesario emprender medidas correctivas a corto plazo que permitan minimizar y controlar el proceso erosivo y continuar con investigaciones de restauración ecológica.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Recuperación de la cobertura vegetal y propiedades ecológicas mediante la utilización de la especie herbácea *Centrosema macrocarpum* en los suelos de bosque seco tropical

¹ Guevara, Marcelo y Campos, Felipe. (2003). *Identificación de Áreas Prioritarias para la Conservación de Cinco Ecorregiones en América Latina*: GEF/1010-00-14. Valle del Cauca. Internet: https://campusvirtual.univalle.edu.co/.../Ecoregion_Choco-Darien.pdf. Citado el 12 de agosto de 2015. p.9

degradados en terrenos de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña. Colombia.

2.2 Objetivos específicos

Elaborar el diagnóstico inicial mediante análisis físicos (textura y tipo de erosión), químicos (elementos presentes en el suelo, pH), climatológicos (precipitaciones anuales y temperatura) y fotointerpretaciones (fotografías aéreas) del área de estudio.

Cuantificar la germinación (mediante la comprobación "ex situ" de las semillas sembradas y semillas germinadas en condiciones similares), desarrollo de la especie *Centrosema macrocarpum*, en relación a la cobertura vegetal a través de indicadores de germinación, crecimiento y función de la especie herbácea seleccionada.

Evaluar la eficiencia y rendimiento de técnicas ambientales, mediante la comparación con una parcela control, labranza mínima en condiciones naturales.

3. Marco legal

A continuación (Tabla 1) se presentan los principales decretos y leyes considerados relevantes para la ejecución de proyectos relacionados con la recuperación y restauración de bosques y áreas objetos de conservación.

Tabla 1. Marco legal sobre restauración y recuperación de suelos según la legislación vigente en Colombia.

Marco legal	
Norma	Comentario
Ley 2 de 1959	"Sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables".
Ley 23 de 1973	Artículo 1. "Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables (...)".
Decreto Ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Artículo 2, Fundando en el principio de que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos, este código tiene por objeto: 1. Lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguran el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de estos, y la máxima participación social para beneficio de la salud y el bienestar de

Marco legal	
Norma	Comentario
	<p>los presentes y futuros habitantes del territorio nacional (...). "Artículo 13, "Con el objeto de fomentar la conservación, mejoramiento y restauración del ambiente y de los recursos naturales renovables, el gobierno establecerá incentivos económicos". "Artículo 179, En la utilización de suelos se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida o degradación, lograr su recuperación y asegurar su conservación. "Artículo 182. Estarán sujetos a adecuación y restauración los suelos que se encuentren en alguna de las siguientes circunstancias: a) Inexplotación sí, es especiales condiciones de manejo, se pueden poner en utilización económica; b) Aplicación inadecuada que interfiera la estabilidad del ambiente; c) Sujeción a limitaciones físico-químicas o biológicas que afecten la productividad del suelo; d) Explotación inadecuada". "Artículo 183. Los proyectos de adecuación o restauración de suelos deberán fundamentarse en estudios técnicos de los cuales se induzca que no hay deterioro para los ecosistemas. Dichos proyectos requerirán aprobación".</p>
Ley 99 de 1993	<p>"Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental SINA se dictan otras disposiciones". Artículo 1. Principios generales ambientales: la política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios generales: (...) 7. El estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables". Artículo 44. Porcentaje ambiental de los gravámenes a la propiedad inmueble. "(...) Las Corporaciones Autónomas Regionales destinarán recursos de que trata el presente artículo a la ejecución de programas y proyectos de protección o restauración del medio ambiente y los recursos naturales renovables, de acuerdo con los planes de desarrollo de los municipios del área de su jurisdicción (...)".</p>
Ley 165 de 1994	<p>"Por medio de la cual se aprueba el "Convenio sobre la Diversidad Biológica", hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992". Artículo 8. Conservación In Situ. Cada parte contratante, en la medida de lo posible y según proceda: (...) f. rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas, entre otras cosas mediante la elaboración y la aplicación de planes y otras estrategias de ordenación.</p>




Marco legal	
Norma	Comentario
Ley 299 de 1996	Protege la flora colombiana y reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones. Los jardines botánicos tienen entre sus objetivos primordiales contribuir a que la utilización de las especies de la flora y de los ecosistemas naturales se efectúe de tal manera que permita el uso y disfrute no solo para las actuales sino también para las futuras generaciones de habitantes del territorio colombiano, dentro del concepto del desarrollo sostenible.

4. Diseño metodológico

La metodología propuesta para la recuperación de la cobertura vegetal es aplicada en los suelos degradados mediante la revegetalización con la especie herbácea *Centrosema macrocarpum*; Se utiliza esta especie caracterizada en el bsT para revegetalizar los suelos por el instituto de investigaciones de recursos biológicos Alexander Von Humboldt, en su libro “El bosque seco tropical en Colombia” (Alexander Von Humboldt) , editado por Camila Pizano y Hernando García, por sus propiedades de resistencia ante suelos ácidos, escasez de agua, resistencia a los procesos de intemperización característicos del área de estudio, también presenta gran resistencia en cuanto a plagas y tiene un gran desarrollo en cuanto al florecimiento y producción de semillas. Este proyecto comprende una serie de actividades y acciones características de una investigación aplicada, que consiste en aprovechar las condiciones naturales del bsT y realizar mínima intervención mediante la labranza; las metas estipuladas en un rango de tiempo; y el monitoreo permite evaluar, por una lado, cuánto ha cambiado en la dirección esperada hacia un estado ideal y que tan cerca está de ese estado².

En la tabla 2, se muestra cada una de las actividades y acciones que se llevaron a cabo en la ejecución del proyecto.

Tabla 2. Procedimiento metodológico por fases actividades y acciones.

Fase	Actividades	Acciones
		<ul style="list-style-type: none"> • Delimitación de las parcelas  Parcela 1 (Labranza y siembra)  Parcela 2 (Labranza)  Parcela de control. • Identificación del tipo, grado y clase de erosión. • Toma de muestras (Para análisis físico-químico) del suelo.

² Ferraro P. J. y S. K. Pattanayak. (2005). *Money for nothing? A call for empirical evaluation of biodiversity conservation investments*. PLoS biology 4:e105.

Fase	Actividades	Acciones
Inclusión de especie <i>Centrosema macrocarpum</i>	Diagnóstico climatológico	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de concentraciones de minerales, pH y materia orgánica • Determinación de la Profundidad efectiva de labranza. • Solicitud de registros de precipitación ante el IDEAM • Consulta de temperatura media anual en la base de datos meteorológica de la UFPSO de Colombia
	Fotointerpretación y clasificación de coberturas	<ul style="list-style-type: none"> • Localización geográfica del área de estudio. • Georreferenciación e identificación de coberturas.
	Preparación del terreno	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo hidráulico superficial del área • Labranza • Control de plagas • Fijación de semilla al suelo
Seguimiento y monitoreo.	Siembra	<i>Centrosema macrocarpum</i>
	Cuantificar la germinación	la comprobación “ex situ” del porcentaje de germinación
	Análisis del desarrollo.	del Tasa de crecimiento Índice de área foliar

Para el análisis detallado de las actividades propuestas se tomaron muestras de suelos antes de iniciar el proyecto y al finalizar de manera de reconocer los posibles cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo degradado:

Características fisicoquímicas del suelo, resultados del análisis de laboratorio del año 2016 y 2017

Tabla 3. Discusión de análisis de suelos del año 2016 y 2017.

PARAMETRO	ANALISIS DE SUELO JULIO 2016	ANALISIS DE SUELO MARZO 2017	ANALISIS DE SUELO MAYO 2017	DISCUSIÓN
Textura	Arenas: 52% Limos: 20% Arcillas: 28%	Arenas: 32% Limos: 28% Arcillas: 40%	Arenas: 72% Limos: 4% Arcillas: 24%	Las partículas primas (arena, limo y arcilla) son las que proporcionan la estructura del suelo, a pesar que no se considera como un factor que beneficie el crecimiento de las plantas, este ejerce influencia

				<p>en aportes de agua, aireación a las raíces, nutrimentos y desarrollo de la macrofauna³. Teniendo en cuenta lo anterior, inicialmente la textura franco arcilloso arenoso se vio modificada por labranza que se realizó para el establecimiento de cobertura vegetal, lo cual origino el cambio de la textura a un suelo arcilloso.</p>
pH	4,7	4,9	4,7	<p>En este análisis se pudo evidenciar un aumento del pH que genera mejores condiciones para el suelo siendo este óptimo para el crecimiento de las plantas, la elevación del pH se le atribuye a el aumento de los cationes básicos como lo son el calcio(Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na)⁴. El pH afecta a la actividad microbiana necesaria para provocar la transformación de ciertos elementos, que se liberan en formas no asimilables y han de sufrir una transformación química que permita su fácil absorción⁵. En Los últimos análisis se obtuvo un resultado de 4.7 (pH) en la parcela de control , siendo este igual al primero realizado cerca de allí , debido a que el suelo se encuentra desprovisto de vegetación y no se ha</p>

³ FAO. (2000). Manual de practicas integradas de manejo y conservcion de suelos. Ibadan, Nigeria. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>

⁴ R, R. C., & R, A. S. (1993). *Acidificacion de los suelos. Origen y mecanismos involucrados*. Obtenido de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR33853.pdf>

⁵ Universidad de Extremadura. (13 de abril de 2005). *Departamento de Biología y Produccion de los vegetales area de Edafologia y Quimica Agricola*. Obtenido de <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFQReaccion.htm>

				modificado su estructura y composición la cual es característica de suelos ácidos ⁶ .
Materia orgánica	0,6%	0,37%	0,05%	(Altieri & Nicholls , 2009) Piensan que “la disminución de materia orgánica se debe a la influencia de las condiciones de temperatura y precipitaciones, que aumentan la erosividad del suelo, debido a la acción externa de los vientos que acelera la descomposición de la misma” esto se atribuye a los resultados de la muestra del suelo (0,05%), porque se nota la baja cantidad orgánica.
Aluminio (Al)	4.1 meq/100 g	18.3 meq/100 g	3.5 meq/100 g	Los suelos normalmente ácidos tienen altos contenidos de aluminio intercambiable. La mayor parte de acidez de los suelos proviene generalmente del Aluminio; cada tipo de suelo tiene su grado de tolerancia a la acidez. ⁷ . Molina (2012), cree que el pH del suelo está directamente relacionado con el porcentaje de saturación de acidez, ya que el aluminio intercambiable precipita entre pH 5.5 y 6.0. Cuando el pH es menor de 5.5 el aluminio se solubiliza, y por lo tanto, resulta más abundante y tóxico para las plantas. ⁸ . Sosa (1994),

⁶ LAMPRECHT. (2011). *Bosque Natural*. Obtenido de <http://amazoniaforestal.blogspot.com.co/2011/09/influencia-de-los-suelos-en-los-bosques.html>

⁷ Molina, Eloy. 2012. Acidez del suelo y encalado. Revista Colegio de Ingenieros agrónomos. Pág. 1-3. http://anfcal.org/media/Biblioteca_Digital/Agricultura/Neutralizacion_de_Suelos_Acidos/JM-encalado_y_acidez.pdf

⁸ Molina, Eloy. 2012. Acidez del suelo y encalado. Revista Colegio de Ingenieros agrónomos. Pág. 1-3. http://anfcal.org/media/Biblioteca_Digital/Agricultura/Neutralizacion_de_Suelos_Acidos/JM-encalado_y_acidez.pdf

“estableció niveles tóxicos por encima de 1,24 meq de Al/100g ya que ocasionan inhibición en el desarrollo radicular”, por ende la cantidad de Aluminio que está contenida en el suelo resulta desfavorable para el desarrollo de las plantas.⁹

Debido al aumento de la proporción de la arcillas en el suelo, que ha impedido que el Aluminio se desplace para reemplazar los espacios ocupados por esta¹⁰, ha constituido entonces, una disminución considerable de la cantidad de Aluminio soluble en el suelo. Jiménez (2001), Por su lado, el Calcio libera el aluminio retenido en las cargas negativas de la partícula. Se necesita además, mucho Calcio para desplazar el Aluminio¹¹; y así entonces, este poder incorporarse fácilmente en el suelo, condición que no se cumple debido al notable cambio de las cantidades de Calcio (0.14 meq/100 g) disponibles en el suelo que inhiben el desplazamiento y absorción del Aluminio en el suelo.

⁹ Sosa, D.A. 1994. Curso de capacitación en producción de yerba mate. INTA. Centro regional de misiones E.E.A. Cerro Azul P 68-85. Citado desde Tesis de doctorado. Otilio Acevedo (2007). Aluminio un indicador de calidad ambiental de los suelos de carga variable. https://www.uaeh.edu.mx/nuestro_alumnado/icbi/doctorado/documentos/Aluminio%20un%20indicador%20de%20calidad.pdf

¹⁰ Posada, Fanor Casierra, & Avendaño, Oscar E. Aguilar, (2007), Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, sistemas en vegetales y posibilidades de corrección. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Pág. 246-248. <http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol1/vol.1no.2/Vol.1.No.2.Art.11.pdf>

¹¹ Jiménez, Ana Cecilia Arias, (2001), Suelos Tropicales. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. https://books.google.es/books?id=L6TaVpWk8goC&pg=PA56&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false

Calcio y magnesio	Ca= 1,8 meq/100g Mg= 0,9 meq/100g	Ca= 3,9 meq/100g Mg= 2,9 meq/100g	Ca= 0,14 meq/100g Mg= 0,06 meq/100g	<p>Según un estudio realizado por (Andrades & Martínez, 2014) "los suelos con pH ácidos suelen ser bajos en cationes de Calcio y Magnesio", en el análisis realizado en la parcela de control se obtuvo un pH de 4.7, en comparación con el análisis realizado anteriormente se evidencio un pH de 4.9, lo cual permite justificar la disminución de los niveles de Ca y Mg, por el aumento de la acidez en el suelo.</p> <p>Las concentraciones más bajas de Calcio generalmente se presentan en niveles más bajos para suelos muy lavados, que presentan capacidad de intercambio catiónico gradualmente baja¹².</p>
Potasio	0,22 meq/100g	0,34 meq/100g	0,11 meq/100g	<p>Según (Roldán, Venialgo, & Gutiérrez, 2004), "las concentraciones del potasio en el suelo pueden verse disminuidas notablemente por el lavado de nutrientes y la erosión, así también, los rangos de valores críticos presentan una clasificación", teniendo así, que los niveles de este macronutriente se encuentran en niveles bajos (<0,15 meq/100 g) ya que el resultado del análisis demuestra que hay 0,11 meq/100 g presentes en la parcela de control, la cual no ha sido intervenida ni se le han frenado los procesos erosivos.</p>
Sodio	0.03 meq/100g	0.11 meq/100g	0.03 meq/100g	Se evidencio un aumento considerable de 0.03

¹² Thompson, L., & Troeh, F. (1988). Los suelos y su fertilidad. Reverté.

meq/100g a 0.11 meq/100g, debido a las pocas precipitaciones que se presentaron se mostró una acumulación de Na⁺ en la superficie de los suelos, debido a que el incremento de la evaporación conduce el agua del nivel freático hacia la superficie¹³.

Este aumento de sodio hace que las partículas de arcilla tiendan a separarse. Este proceso de disociación técnicamente se denomina dispersión, las fuerzas que mantienen unidas a las partículas de arcilla (que abundan en mayor proporción en este suelo que las demás partículas) se interrumpen por los iones de Sodio, las partículas de arcilla dispersas se mueven por la estructura del suelo bloqueando sus poros. Los resultados son que la infiltración del agua a través del suelo así como su conductividad hidráulica, se reducen. Por lo tanto, el suelo puede anegarse y / o inundarse cuando se moja por deficiencia del proceso natural de filtración.

El daño a la estructura del suelo reduce la disponibilidad de oxígeno y capacidad de oxigenación en la zona radicular limitando el crecimiento normal de las plantas. Los suelos sódicos son susceptibles a erosión y esta genera pérdida de suelo y

¹³ Bertha-von-Suttner. (2017). k+s KALI. Obtenido de http://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/sodium.html

				<p>nutrientes¹⁴. “El contenido alto de sodio junto con bajos niveles de sales solubles provocan una condición conocida como suelo sódico, la mala calidad del agua en un suelo es un gran contribuyente de la acumulación de sodio en este”¹⁵.</p>
CICE	7,1	25,6	3,8	<p>La CICE en esta muestra del suelo es de 3 meq/100 lo cual es muy bajo para su parámetro ideal que es el de 35 meq/100¹⁶, Este resultado se puede justificar pues el suelo de la muestra es una parcela de control de la investigación en el cual no se realizó labranza ni aporte de materia orgánica ya que los suelos con altos contenidos de materia orgánica por lo general tienen una mayor CICE que la de los suelos con bajos contenidos¹⁷, además de que es un suelo erosionado y sometido a condiciones de intemperización.</p>
Fosforo	7mgKg ⁻¹	1mgKg ⁻¹	4mgKg-1	<p>Según (Lozano P, y otros, 2012) “la disponibilidad de fósforo en el suelo se debe a la reducción de sistemas de manejo convencionales como labranza mínima y aplicación de residuos en la superficie”, esto justifica que el fósforo que</p>

¹⁴ SMART! (2017). SAMART! Fertilizer Management. Obtenido de SAMART! Fertilizer Management: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/sodic-soils>

¹⁵ opttonline. (2017). opttonline.com. Obtenido de <http://www.opttonline.com/z1r9e0yW/>

¹⁶ Ganadero, C. (2017). La importancia de conocer la capacidad de intercambio en el suelo. Obtenido de contexto ganadero : <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-importancia-de-conocer-la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo>

¹⁷ Castellanos, J. (2016). www.intagri.com. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo>

				se encuentra en la parcela de control, a la cual no se le aplicaron técnicas de manejo, tiene mayores partes por millón en comparación con las demás áreas trabajadas.
Azufre	7mg/Kg	3mg/Kg	8mg/Kg	La disminución del azufre (S) se presenta generalmente por la ausencia de materia orgánica en el suelo, ya que esta disminuyo en un 0,3 a partir de sus condición iniciales, las cuales fueron 0,6, esta pérdida de azufre presenta una disminución en la fijación del nitrógeno atmosférico que realizan cada una de las bacterias presentes en el suelo ¹⁸ . Además, este nutriente secundario es un componente de proteínas y ayuda en la formación de la clorofila. En las plantas suple del 0,2 al 0,3% del extracto seco, por ello es importante en el crecimiento de la planta ¹⁹ , por ende se considera que la <i>Centrosema macrocarpum</i> absorbió este nutriente debido a que este en un proceso de crecimiento.
Hierro	30 mg/kg	32 mg/kg	2 mg/kg	En el lugar donde se realizó el análisis del suelo, no se llevó acabo ningún tipo de técnicas ambientales para el mejoramiento del mismo; estuvo expuesto a condiciones naturales para determinar su comportamiento sin contar con la presencia de especies herbáceas. El hierro es uno de

¹⁸ Noriega Toledo, V. M. (febrero de 2011). Recuperado el 05 de Mayo de 2017, de MANEJO Y FERTILIDAD DE SUELOS : <http://www.ambientalex.info/guias/manejoyfertilidaddesuelos.pdf>

¹⁹ FAO. (2002). Recuperado el 6 de Mayo de 2017, de LOS FERTILIZANTES Y SU USO : <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>

				<p>los micronutrientes más abundantes en el suelo, la disponibilidad de este nutriente se ve muy afectada por la temperatura del suelo y las altas precipitaciones que se presentan en invierno, las cuales ocasionan la disminución de este micronutriente. Además la materia orgánica, es uno de los factores que mejora la presencia de este nutriente en el suelo, al evidenciar la ausencia de este factor, la concentración de Hierro es casi nula²⁰.</p>
Manganeso	17 mg/kg	12 mg/kg	1 mg/kg	<p>Según (Sierra, El manganeso, el suelo y las plantas, 2016) Existen diferentes factores que pueden alterar la disponibilidad del manganeso en el suelo, entre estos tenemos el PH y la materia orgánica. El PH es el factor es el más importante para determinar la disminución o aumento, pues a medida que la acidez aumenta el manganeso aumenta su solubilidad en la solución suelo, por esta razón en los 2 resultados de los análisis realizados del suelo, demostraron que el PH en la primer muestra es más ácido lo cual tenía un contenido de 17 mg/kg de manganeso, al disminuir la acidez en la segunda muestra de suelo nos mostró un contenido de 12 mg/kg de manganeso. En cuanto a la materia orgánica si</p>

²⁰ Sierra, C. (25 de agosto de 2016). EL MERCURIO. Recuperado el 6 de mayo de 2017, de <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2016/03/09/El-manganeso-el-suelo-y-las-plantas.aspx>

				<p>se encuentra en gran cantidad, hay un aumento del manganeso, los resultados de la primera muestra arrojo resultados de materia orgánica de 0.6 % con contenidos de manganeso de 17 mg/kg y en los resultados de la segunda muestra es de 0.3 % con contenidos de manganeso de 12 mg/kg.</p> <p>En cuanto a los resultados más recientes realizados en la parcela de control, el contenido de manganeso arrojo resultados de 1 mg/kg, lo cual se puede explicar cómo una relación con los resultados de materia orgánica con una cantidad de 0,05 % del mismo análisis²¹.</p>
Cobre	No cuantificable	1 mg/kg	0.5 mg/kg	<p>La concentración de cobre en el suelo dependen de factores como grandes contenidos de materia orgánica, presencia de pH bajos y de la disponibilidad de agentes complejantes. Existen otros elementos presentes en el suelo que pueden afectar la disponibilidad del cobre como lo son como el calcio, fósforo, aluminio, hierro, zinc y molibdeno²².</p> <p>En los resultados más recientes realizados en la parcela de control arrojo resultados de cobre de 0,5 mg/kg, lo cual este resultado se debe a la cantidad de materia</p>

²¹ Sierra, C. (25 de agosto de 2016). EL MERCURIO. Recuperado el 6 de mayo de 2017, de <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2016/03/09/El-manganeso-el-suelo-y-las-plantas.aspx>

²² K+S KALI. (s.f.). K+S KALI. Recuperado el 13 de mayo de 2017, de http://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/copper.html

				orgánica, que en este caso fue de 0,05 mg/kg, además de la presencia de elementos en el suelo como el calcio, fósforo, aluminio, hierro y zinc ²³ .
Zinc	1mgKg ⁻¹	2mgKg ⁻¹	0,1mgKg ⁻¹	Según los resultados de zinc en 2017 (0,1 mgKg ⁻¹), su baja presencia en el suelo puede atribuirse a los altos contenidos de arena, además este es fijado por la presencia de materia orgánica ²⁴ , lo cual en la parcela control donde se extrajo la muestra no hay aportes de materia orgánica. De acuerdo a esto el aumento de zinc en el año 2016 (1mgKg ⁻¹) y el segundo análisis del 2017 (2mgKg ⁻¹) se deben a los diferentes aportes vegetales que han contribuido a la formación de cantidades de materia orgánica por lo cual aumenta la presencia de micronutrientes como el zinc.

Tabla 4. Precipitación en los años 2016 -2017 de los meses influyentes en el proyecto de la estación meteorológica: 16055100 UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER (IDEAM COLOMBIA). Perteneciente a la red nacional de monitoreo climático

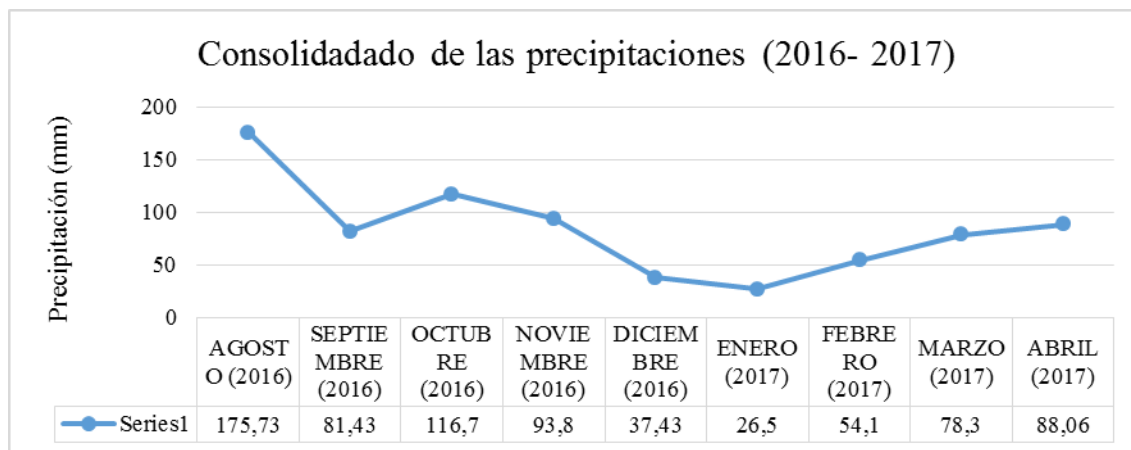
MESES	pp mensual (mm)
AGOSTO (2016)	175,73
SEPTIEMBRE (2016)	81,43
OCTUBRE (2016)	116, 7
NOVIEMBRE (2016)	93,8
DICIEMBRE (2016)	37,43
ENERO (2017)	26,5
FEBRERO (2017)	54,1

²³ K+S KALI. (s.f.). K+S KALI. Recuperado el 6 de mayo de 2017, de http://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/copper.html

²⁴ K+S KALI. (s.f.). K+S KALI. Obtenido de http://www.kali-gmbh.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/zink.html

MARZO (2017)	78,3
ABRIL (2017)	88,06

Figura 1. Consolidado de precipitación de los años 2016 y 2017 que influyen en el proyecto de investigación.



5. INDICE DEL AREA FOLIAR

IAF= AHC/AC, Dónde:

IAF: Índice de área foliar.

AHC: Suma del área de hojas en el cultivo

AC: Área de cultivo.

El tamaño de la la hoja de la especie *Centrosema macrocarpum* es de 2,5 cm² aproximadamente.

Tabla 5. Numero de hojas por plántula

Medicio n	Número de hojas
1	208
2	233
3	263

4	289
5	332
6	401
7	459
8	526
9	615

IAF= AHC/AC

Dónde:

IAF: Índice de área foliar.

AHC: Suma del área de hojas en el cultivo

AC: Área de cultivo.

IAF = 1 m² = 10000 cm².

IAF= 0.1355m²/4m²= 0.0338

El índice foliar permite determinar la cobertura herbácea en el área, por tanto el rendimiento foliar de la especie *Centrosema macrocarpum* durante los meses de estudio mostro un significativo aumento en cuanto a la producción de hojas, con respecto a sus primeras semanas de desarrollo no se presenta establecida la cobertura vegetal mientras en los meses de estudio del año 2017 ya se evidencia el proceso de revegetalización de la parcela activa con una cobertura de un 80% del área intervenida.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos de los análisis del suelo de textura, macronutrientes y micronutrientes, además de los climatológicos y fotointerpretación, en el segundo semestre del año 2016, se identificó un suelo con un grado erosión severa, sin capacidad de infiltración, baja productividad y escaso contenido de materia orgánica, a partir de esto se dio inicio a la ejecución del proyecto de recuperación de la cobertura vegetal con la especie *Centrosema macrocarpum*, es considerada como una leguminosa, aportando a la fijación de nitrógeno y nutrientes al suelo junto con la adhesión de las partículas presentes en el mismo, interrumpiendo los procesos de intemperización, que contribuye a la recuperación de la estructura y composición del suelo, adaptándose a la condiciones climáticas de precipitaciones anuales para el bosque seco tropical que oscilan de 250 mm a 2000 mm, con temperatura mayores a 17°C. Además durante el avance de los procesos realizados en las diferentes parcelas, objetos de trabajo, se obtuvo una germinación de 82% en las plántulas de *Centrosema macrocarpum* que se sembraron ex situ, por otra parte el crecimiento de esta especie ha sido positivo dadas las condiciones naturales a las que fueron sometidas, a pesar de que han competido con insectos que interfieren en su desarrollo se mantienen en el lugar.

Inicialmente la especie presentó un crecimiento acelerado después de la germinación y posterior a esto disminuyó relativamente posiblemente por las condiciones climáticas

presentes en el área. En la actualidad el índice foliar demostró un mayor porcentaje posiblemente por las altas y frecuentes precipitaciones por ser zona de comportamiento climático bimodal contribuyendo de manera directa al crecimiento y desarrollo de la especie.

La técnica ambiental establecida para llevar a cabo la recuperación de la cobertura vegetal fue labranza, se dividió el terreno en tres parcelas de 4m², en la primera (Activa), se llevó a cabo una labranza de 40 cm de profundidad y en ella se vio la efectividad de la técnica, que brindó las condiciones necesarias para la germinación de la especie; en la parcela número dos (Pasiva), se realizó labranza mínima disminuyendo la efectividad y no hubo presencia de ninguna especie; en la tercera parcela (Control), por condiciones naturales hubo presencia individuos del género *Convolvonaceae*, *Bracharia* y *Brachiaris*.

Se concluye que la especie *Centrosema macrocarpum*, es viable para el proceso de recuperación de la cobertura vegetal en suelos altamente erosionados y en condiciones sub-xerofíticas, su capacidad de adaptación es alta por ser una especie naturalizada del Bosque seco tropical (BST), por lo anterior, se recomienda, por su rendimiento, implementar la especie estudiada en procesos de recuperación de cobertura vegetal para el área de influencia en Colombia, que se encuentre dentro de este bioma en particular en cualquier parte del mundo, mediante un trabajo conjunto por parte de las regiones interesadas; la ejecución de este proyecto, requiere un mínimo de inversión por lo que no es necesario implementar sistemas de riego, ni abonos, ni fertilizantes para el crecimiento óptimo de la especie que utiliza las condiciones naturales y optimiza el desarrollo vegetal como soporte a fases importantes de la restauración ecológica y propiedades del suelo que permita el establecimiento de bosque secundario que a futuro propenda por el ofrecimiento de servicios ambientales y conservación de los recursos naturales específicos.

Bibliografía

Janzen Daniel H. (1988). Tropical ecological and biocultural *restoration*. Science (AAAS) 239:243-244. Washington, USA.

Redford, K.H., Taber, A. y Simonetti, IA. (1990). *There is more to biodiversity than the tropical rain forest*. Conservation Biology, 4, 328-330. Mares, M.A. (1992). Neotropical mammals and the myth of amazonian biodiversity. Science, 255, 976-979

Hellawell J. M. (1991). *Development of a rationale for monitoring*. En Goldsmith F. B. (ed.). Monitoring for conservation and ecology. Chapman and Hall. London. 1991.

ICA. 1992. Protocolo para la toma de muestra de suelos. Quinta aproximación. Produmedios, Santafé de Bogotá.

Etter, A. (1993). *Diversidad ecosistémica en Colombia hoy*. En *Nuestra diversidad biótica*. CERECy Fundación Alejandro Ángel Escobar. p. 43-61.

Gentry, A. (1995). *Diversity and floristic composition of neotropical dry forests*.

Murcia C. (1995). *Edge effects in fragmented forests: implications for conservation*. TREE vol. 10, no. 2 February. National Research Council 1992. SER 2004.

Navas, Amezquita, Ramírez y Gonzáles. (1995). *Manejo y conservación de suelos en Colombia*. Corpoica

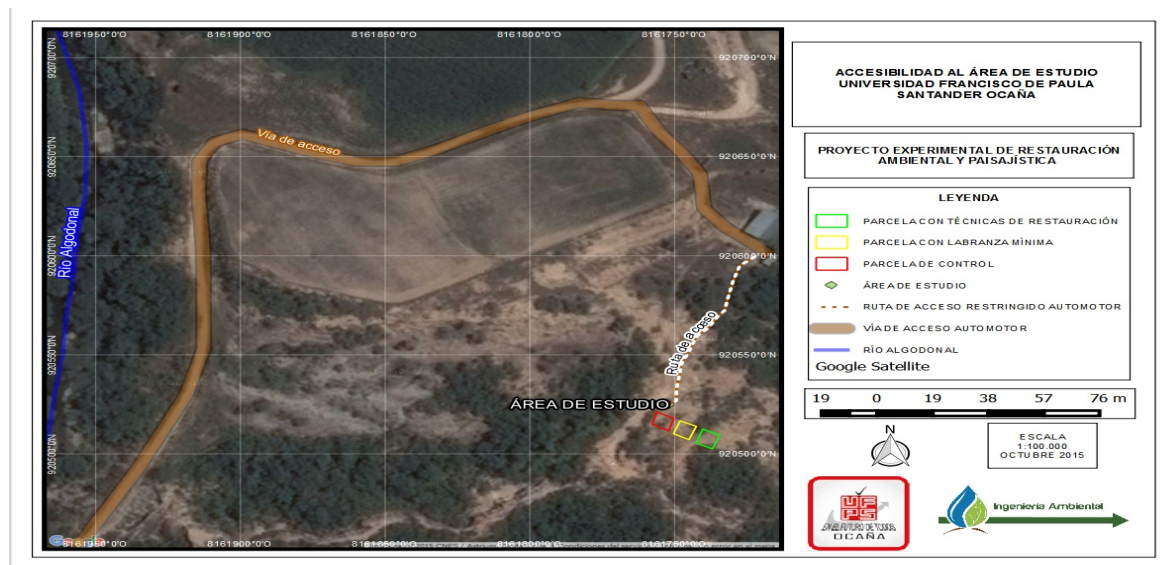
Instituto Alexander von Humboldt. (1998). *El Bosque seco Tropical (BsT) en Colombia*. Programa de Inventario de la biodiversidad. Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA 1998.

Mooney, H., S. Bullock & E. (2001). *Medina. Introduction*. 1-8 pp. In Bullock, S. H. Mooney y E.

Arcila Cardona Ángela María, Valderrama Ardila Carlos y Chacón de Ulloa Patricia. (2003). *Estado de fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca*. Colombia.

Apéndice A.

Ruta de accesibilidad al área de



Fuente: Fotografía aérea soportada en el software Google earth 2015. Cartografía realizada por el grupo de investigación RAP.