

**Utilización de árboles fijadores de nitrógeno *Escallonia pendula* y *Alnus acuminata*
para la recuperación de suelos erosionados**

Laura Nathalie Morales Betancourt

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y ADISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
SOGAMOSO**

Febrero de 2018

**Utilización de árboles fijadores de nitrógeno *Escallonia pendula* y *Alnus acuminata*
para la recuperación de suelos erosionados**

Laura Nathalie Morales Betancourt

**Trabajo presentado como opción de grado en la modalidad de monografía, para
optar el título de Ingeniero Agroforestal.**

Trabajo dirigido por

GLORIA CECILIA RUALES ZAMBRANO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y ADISTANCIA UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO

AMBIENTE

PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL

SOGAMOSO

Febrero de 2018.

DEDICATORIA

Dedicada a Dios, primeramente, por ser tan maravilloso y bendecirme en cada momento para llegar a este punto aun y los obstáculos.

A mi familia por ser ejemplo, apoyo, servicio y amor, en especial a mis padres por enseñarme a ser autónoma, emprendedora, competente y no desfallecer, enseñándome que todo es posible.

A la doctora Eliana María Ruiz Bayona, por ser apoyo, tenerme paciencia, orientarme y guiarme para culminar satisfactoriamente.

Y finalmente a todo el grupo de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD y en especial a la directora del proyecto, quien estuvo al tanto de mi proceso.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a la vida y a todos los que han hecho y aun hacen parte de mi vida, cada ser maravilloso que se ha cruzado en mi camino y me ha servido de maestro.

Me siento afortunada por tan bellas personas que he encontrado en esta travesía de la vida y en este camino de estudiar en la UNAD, realmente he conocido la humildad, sinceridad, amistad, agrado y maravilla que contiene cada persona, desde las personas de servicios generales y guardias de seguridad, hasta compañeros, tutores y directivos, profundamente agradecida y satisfecha.

RESUMEN

Los suelos erosionados aumentan día a día con el mal uso de la tierra tanto en las áreas urbanas como rurales de nuestro país, la explotación minera principalmente en la provincia de Sogamoso, la presencia de zonas de alta pendiente, las malas técnicas agrícolas y ganaderas son algunos factores erosivos en esta región. La utilización de árboles fijadores de nitrógeno (AFN) como mangle (*Escallonia pendula*) y aliso (*Alnus acuminata*) permite la recuperación de suelos degradados y erosionados, permitiendo así la estabilización de zonas de altas pendientes, arenosas e inundables; al estar asociados con microorganismos fijadores de nitrógeno del suelo de los géneros *Rhizobium* y *Frankia* respectivamente, y algunas clases de hongos. Esta simbiosis permite la fijación del nitrógeno atmosférico, aumento de la absorción del agua y nutrientes. El mangle y el aliso, se asocian muy bien con otro tipo de cultivos de gramíneas como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) tubérculos como la papa (*Solanum tuberosum*) y cultivos de frutas como el lulo (*Solanun quitoense*) mejorando su producción; al igual que su asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno y la producción de hojarasca, mejora las características físicas y químicas del suelo. En esta monografía se citan los estudios realizados en algunas regiones de Colombia, de los arboles fijadores de nitrógeno mangle (*Escallonia pendula*) y aliso (*Alnus acuminata*); y algunas visitas a predios que ya están iniciando el proceso de mejoramiento de suelos con estas especies arbóreas, con el ánimo de ilustrar al lector en el mejoramiento de los suelos erosionados y la posible utilización de los AFN (*Alnus acuminata*) y (*Escallonia pendula*) en sus predios.

Palabras clave: Árboles fijadores de nitrógeno, leguminosas, agroforestería, medio ambiente, paisajismo.

ABSTRACT

The eroded soils increase day by day with the misuse of the land in both urban and rural areas of our country, mining mainly in the province of Sogamoso, the area of high slope, poor agricultural and livestock techniques are some erosive factors in this region. The use of nitrogen fixing trees (AFN) such as mangrove (*Escallonia pendula*) and alder (*Alnus acuminata*) allows the recovery of degraded and eroded soils, thus allowing the stabilization of areas of high slopes, sandy and flooded; to be associated with soil nitrogen fixing microorganisms of the genera *Rhizobium* and *Frankia* respectively, and some kinds of fungi. This symbiosis allows the fixation of atmospheric nitrogen, increasing the absorption of water and nutrients. The mangrove and the alder, are very well associated with other types of crops of the genus of grasses such as the kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) tubers such as potatoes (*Solanum tuberosum*) and fruit crops such as lulo (*Solanun quitoense*) improving its production; as well as its association with nitrogen-fixing bacteria and the production of litter, improves the physical and chemical characteristics of the soil. In this monograph the studies carried out in some regions of Colombia, of mangrove nitrogen fixing trees (*Escallonia pendula*) and alder trees (*Alnus acuminata*) are cited; and some visits to farms that are already starting the process of soil improvement with these tree species, with the aim of illustrating the reader in the improvement of eroded soils and the possible use of the

AFN (*Alnus acuminata*) and (*Escallonia pendula*) in their properties.

Key words: nitrogen fixing trees, legumes, agroforestry, environment, landscaping.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCION	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
JUSTIFICACION	7
OBJETIVOS	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos	9
METODOLOGIA	10
Municipio de Sogamoso.	11
Límites del municipio:	12
Extensión total	12
Extensión área urbana.....	12
Extensión área rural	12
Altitud de la cabecera municipal.....	12
Temperatura media	12
Distancia de referencia.....	12
MARCO TEORICO.....	13
Zonas agroecológicas del municipio de Sogamoso.	13
Valle.....	13
Montaña	13
Erosionabilidad	14
Datos relevantes:.....	15
Arboles fijadores de nitrógeno.....	19
Aliso. (<i>Alnus acuminata</i> H.B.K. ssp. <i>Acuminata</i>).....	20
Mangle. (<i>Escallonia pendula</i>).....	26
Descripción botánica.....	27
EXPERIENCIAS COLOMBIANAS DEL USO DE <i>Escallonia pendula</i> y <i>Alnus acuminata</i> EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS.	30
MARCO JURIDICO.....	47
Norma constitucional	47
Artículo 79	47
Ley 1377 de 2010.....	47
Ley emitida por el congreso de la republica (2010) tiene por objeto definir y reglamentar las plantaciones forestales y sistemas agroforestales con fines comerciales. En la cual se establecen las siguientes definiciones.....	47
Actividad Forestal con fines comerciales	48
Sistema agroforestal.....	48

Vuelo forestal.....	48
Certificado de Incentivo Forestal.....	48
Remisión de movilización.....	49
Ley 1021 de 2006.....	49
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Toma de datos de variables.....	10
Tabla 2. Erosionabilidad del departamento de Boyacá.....	14
Tabla 3. Comparación de cinco especies arbóreas en vivero.....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arboles fijadores de nitrógeno. Fuente www. Eudomus.com	20
Figura 2. Esquema en planta y perfil de una pastura bajo un sistema de cortinas rompe vientos. Fuente.. Arboleda, Tombe, Morales, Vivas. (2013).....	42
Figura 3. Asociación <i>Delostoma integrifolium</i> y <i>Mimosa quitensis</i> en pasturas de <i>Pennisetum clandestinum</i>	44
Figura 4. Esquema de un arreglo de Acacia-Aliso con curvas a nivel.	45
Figura 5. Esquema de un arreglo de Sauce (<i>Salix humboldtiana</i>) – Aliso (<i>Alnus acuminata</i>) con curvas a nivel.....	46

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Aliso. <i>Alnus Acuminata</i> Vereda primera Charrera, Sogamoso-Boyacá. Fuente. Laura morales.....	21
Fotografía 2. Hojas y tallos del aliso <i>Alnus Acuminata</i> . Fuente. Laura morales. Vereda primera chorrera Sogamoso- Boyacá.....	23
Fotografía 3. Frutos del aliso, <i>Alnus acuminata</i> . Fuente. Laura morales, vereda Primera Chorrera Sogamoso-Boyacá	24
Fotografía 4. <i>Escallonia pendula</i> . Fuente. Laura morales. Sogamoso- Boyacá.....	26
Fotografía 5. Hojas y flores de <i>Escallonia pendula</i> . Fuente. Laura morales. Sogamoso- Boyacá.....	28
Fotografía 6. <i>Escallonia pendula</i> usos en mejoramiento de praderas. Fuente. Laura Morales. Sogamoso- Boyacá.	30
Fotografía 7. Cercas vivas de aliso <i>Alnus acuminata</i> , tota Boyacá. Fuente. Laura morales. Tota- Boyacá.....	33
Fotografía 8. Sistema silvopastoril Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>) y aliso (<i>Alnus acuminata</i>). Cuitiva- Boyacá. Fuente: Laura Morales. Cuitiva- Boyacá.	34
Fotografía 9. Utilización del aliso (<i>Alnus acuminata</i>) en la recuperación de quebradas..	34

LISTA DE ANEXOS

Anexos 1. Clasificación del Suelo de Sogamoso.....	69
Anexos 2. Especies con potencial agroforestal en cercas vivas para las zonas altas del departamento de Nariño y otros usos.....	70
Anexos 3. Mapa del área de degradación por erosión en Colombia.....	71

INTRODUCCION

El cambio climático, las malas prácticas culturales, el uso de agroquímicos, el exceso de maquinaria agrícola, sobrecarga animal, sobrepastoreo de pequeños y grandes rumiantes, las pendientes, aumentan las posibilidades de erosión y en consecuencia la degradación de los suelos en la provincia de Sogamoso.

El daño de las características físico químicas del suelo, se puede mitigar gracias a la utilización de plantaciones agroforestales, con diferentes especies nativas de la zona Andina, como lo son el mangle (*Escallonia pendula*) y aliso (*Alnus acuminata*), como lo reporta Medina, Velásquez y Pinzón (2012) se adaptan a condiciones de suelos pobres y degradados gracias a la capacidad de formar simbiosis con microorganismos diversos, como el actinomiceto *Frankia spp. (Frankiaceae)* (Cervantes, Rodríguez, Norris & Varma. 1992); Dommergues (1997); Roy, Khasa & Greer. (2007) y hongos micorrizógenos tanto de carácter endomicorrizal (Russo, Gordon & Berlyn. 1993); Medina, Orozco & Díez. (2008); Molina, Medina & Mahecha. (2008), como ectomicorrizal, (Becerra, Menoyo, Lett and & Li. 2009) lo cual le permite tomar el nitrógeno (N) del aire y explorar grandes volúmenes de suelo para aprovechar los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo en condiciones ecológicas limitantes.

Muchas zonas de las áreas rurales y urbanas de la ciudad de Sogamoso están siendo afectadas por muchas causas ambientales y/o antrópicos que activan y desencadenan procesos que generan cambios negativos en las propiedades y funciones del suelo. Entre los factores directos que inciden en la degradación de los suelos, se encuentran los naturales que incluyen el clima, el agua, las características edáficas, el relieve y la cobertura, y los de tipo antrópico que están relacionados con los tipos de uso y de manejo como las malas actividades del hombre sobre ellas, como el mal uso de suelos en minería de pequeña escala, el sobrepastoreo de praderas, descuido de los nacimientos de agua y mantenimiento de los humedales, el daño de los parques, etc. Todo esto es posible mitigarse con el uso de especies nativas de la zona, no solamente que mejoren las condiciones del suelo (características físicas y químicas), ambientales (mejoramiento de la calidad del suelo, agua y aire) al tiempo que mejoran el paisajismo, creando ambientes sanos y agradables para el desarrollo de las actividades diarias humanas.

El objetivo principal de este trabajo es enumerar y analizar algunos casos de uso mangle (*Escallonia pendula*) y aliso (*Alnus acuminata*) realizados en Colombia para la recuperación de suelos degradados por causas físicas, química y biológica; en la degradación física se destaca la erosión, la compactación, el sellamiento, la desertificación, entre otras; en la degradación química la pérdida de nutrientes y a su desbalance en el suelo, a los cambios en el pH (salinización o acidificación) y a la contaminación; y en la degradación biológica, la disminución de la materia orgánica y

el carbono de los suelos, por factores y procesos naturales como el clima, el relieve o por acción humana en la deforestación, las quemadas, el uso y manejo no sostenibles, entre otros. Al igual que la visita de algunos proyectos desarrollados en la zona de la provincia de Sogamoso y municipios vecinos como Tota, Cuitiva, desarrollados con (*Escallonia pendula*) y (*Alnus acuminata*) enfocados a mejoramiento de los suelos, producción de biomasa para alimentación de rumiantes y cuidado de los nacimientos de agua.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La explotación desmesurada de empresas carboneras, siderúrgicas y de subproductos, se han generado emisiones contaminantes, destrucción de la capa vegetal, flora, fauna y contaminación hídrica principalmente, que como consecuencia genera daño ambiental y a la salud de la población, municipal, departamental y mundial ya que los cambios climáticos que se generan afectan a todo el planeta.

De acuerdo al informe de la Alcaldía de Sogamoso (2013) del componente y clasificación de suelo, donde claramente delimita su estructura ecológica en tres zonas valle (3% de la superficie municipal; 626 ha) , montaña (34% del área municipal; 7017 ha) y paramo(25% área municipal; 5357 ha) influye de manera determinante en la presentación de la erosión del suelo, debido a la pendiente presente en muchas de sus áreas lo cual predispone a la presentación de erosión hídrica y eólica ; la degradación de suelo por erosión en Boyacá y Colombia (Anexo 3) , se refiere a “la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el ser humano, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales” Sistema de información ambiental en Colombia (SIAC, 2015). En general, existen dos tipos de erosión: la hídrica y la eólica. La erosión hídrica es causada por la acción del agua (lluvia, ríos), en las zonas de ladera, cuando el suelo está desnudo (sin cobertura vegetal). En estos casos las gotas de lluvia o el riego, ayudadas por la fuerza gravitacional, arrastran las partículas formando zanjas o cárcavas, e incluso causando

movimientos en masa en los cuales se desplaza un gran volumen de suelo. Por otra parte, la erosión eólica es causada por el viento que levanta y transporta las partículas del suelo, produciendo acumulaciones (dunas o médanos) y torbellinos de polvo.

El Valle de Sogamoso por los diferentes afluentes al río Chicamocha, tiene áreas propensas a inundaciones, al igual que las pendientes de la zona de montaña, el mal uso del suelo en el manejo de cultivos agrícolas o explotaciones pecuarias, la actividad extractiva en procesos de minería en pequeña escala, la deforestación en áreas de paramo, y en las zonas erosionadas donde sus suelos están fuertemente excavados y compactados, con riesgo de derrumbes, con severas deficiencias químicas, pH extremos, pérdida de estructura y restos de desechos metálicos tóxicos y aguas contaminadas; se puede concluir gracias al informe entregado por la alcaldía de Sogamoso que es bastante alta el área de suelo del municipio que cuenta con una amenaza entre media y alta para la presentación de erosión.

También es importante cuidar y recuperar humedales y nacimientos de agua natural ubicados en la zona urbana, como el humedal frente al colegio Reyes Patria y el humedal de Monquirá, los cuales están siendo invadidos por la producción ganadera y equina, siendo descuidados y dañados diariamente; al igual que nacimientos de agua ubicados en las diferentes veredas de la ciudad que mantienen familias, cultivos agrícolas y producción pecuaria.

Por esta razón, es de suma importancia realizar un documento de recopilación de investigaciones previas que sirva como guía para la mitigación, recuperación, conservación y embellecimiento paisajista de suelos degradados en la ciudad de Sogamoso a través de la utilización de árboles fijadores de nitrógeno como lo son estas dos especies *Escallonia pendula* y *Alnus acuminata*, árboles nativos, de rápido crecimiento, protectores de cuencas hidrográficas y controladores de erosión principalmente.

JUSTIFICACION

El suelo es un sistema natural desarrollado a partir de una mezcla de minerales y restos orgánicos, bajo la influencia del clima y del medio biológico, se considera de vital importancia para la subsistencia de la vida ya que en él se desempeñan funciones como la producción de biomasa, regulación medioambiental, hábitat biológico, reserva genética, regulación del clima, sostenimiento para nuestras viviendas, fuente de materias primas y además fuente primordial de alimento.

De acuerdo a los informes dados por la alcaldía de Sogamoso (2013), son muchos los factores que influyen en el daño y presencia de amenazas de mediano y alto riesgo para los suelos de las zonas delimitadas del valle, montaña y paramo como la deforestación, malas prácticas agrícolas y pecuarias e incendios.

Según lo investigado por González (2014) en la ciudad de Sogamoso, al realizarse malas técnicas de laboreo de la tierra, deforestación, inundaciones, desaparición de la cobertura vegetal, sobrepastoreo por ovejas, principalmente en las zonas de ladera, al igual que la terminación de bosques nativos y la entrada de árboles exóticos como eucaliptus.

Basada en estos fundamentos se hace necesario la recopilación a través de la investigación del método para la repoblación o recuperación de suelos a través de

árboles fijadores de nitrógeno, que son óptimos para esta función gracias a que forman simbiosis con hongos micorrícicos y estas asociaciones permiten la fijación de nitrógeno atmosférico y mejoran la absorción de agua y la asimilación de nutrientes del suelo, además que este tipo de árboles como él (*Escallonia pendula*) y (*Alnus acuminata*) son más tolerantes a los distintos tipos de estrés propios de los suelos degradados, como salinidad, acidez, metales pesados, sequía, fuego, malezas invasoras, deficiencias de nutrientes, inundación, compactación y encostramiento constituyéndose en una buena alternativa para rehabilitación de suelos.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es contribuir con un documento actualizado que permita difundir e implementar programas de sensibilización, educación, métodos de restauración, el suelo; orientado al mejoramiento de los procesos productivos y la mitigación de daños ambientales generados por diferentes industrias, mineras, agrícolas, pecuarias (erosión, deforestación, daño de la capa vegetal, reemplazo de árboles nativos por exóticos, contaminación etc.) a través de la utilización de árboles fijadores de nitrógeno de las especies *Escallonia pendula* y *Alnus acuminata* en la recuperación de suelos degradados, inestables, arenosos, de ladera o grandes pendientes o zonas de valle inundadas para la ciudad de Sogamoso ; gracias a la capacidad que tienen estas dos especies de árboles de acuerdo a lo reportado por Ferrari, E. y Wall, G. (2004) al permitir la fijación de nitrógeno atmosférico, aumentar la absorción del agua y la asimilación de los nutrientes del suelo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar el uso de los árboles fijadores de nitrógeno en la recuperación de suelos erosionados.

Objetivos específicos

- Revisar las investigaciones realizadas de reforestación y mejoramiento del suelo de (*Escallonia pendula*) y (*Alnus acuminata*), en Colombia y ver su aplicación en la zona de la provincia de Sogamoso.
- Analizar los cambios encontrados por diferentes autores de la utilización de especies nativas (*Escallonia pendula*) y (*Alnus acuminata*) en la repoblación y recuperación de suelos.
- Presentar y socializar una monografía ilustrativa para productores, técnicos, profesionales, comunidad científica y demás interesados en el tema, que deseen utilizar los arboles fijadores de nitrógeno como alternativa para mejorar el entorno ambiental, calidad del suelo y ornato en el entorno de sus empresas o producciones agropecuarias.
- Describir otras utilidades de (*Escallonia pendula*) y (*Alnus acuminata*) como ornato y embellecimiento del paisaje.

METODOLOGIA

El proyecto se plantea como una investigación de tipo cualitativo de árboles fijadores de nitrógeno (*Escallonia pendula*) y (*Alnus acuminata*) para la recuperación de suelos erosionados, tomando como referencia trabajos desarrollados en otras zonas de Colombia y ver su aplicabilidad en la presentación del problema de daño al suelo principalmente por erosión de la ciudad de Sogamoso.

Tabla 1. Toma de datos de variables.

Categoría o variable	Técnica	Instrumento
Utilización de aboles en la reforestación		Fotografías de la web referenciada. Fotografías locales propias
Mejoramiento del paisajismo	Revisión documental y salidas de campo local	Fotografías de sistemas agrosilvopastoriles de la zona del valle de Sogamoso Mapas digitales de la ciudad y de sus veredas Documentos de la web Diversos informes oficiales de la Alcaldía de Sogamoso Revisión de tesis de pregrado y postgrado
Otros usos de <i>Alnus acuminata</i> y <i>Escallonia pendula</i>		Revisión en la web de los artículos científicos más relevantes del tema para los últimos 8 años

Fuente. El autor.

Municipio de Sogamoso.

De acuerdo a la página oficial de la alcaldía de Sogamoso (2017)

Descripción Física:

Sogamoso está ubicado en el centro oriente del departamento de Boyacá, en la República de Colombia, a una latitud de 5° 42' 57" Norte, y a una longitud de 72° 55' 38" Oeste.

El municipio de Sogamoso está ubicado en el centro del departamento de Boyacá, enclavado sobre la cordillera Oriental Colombiana, en la provincia de Sogamoso, entre las coordenadas Norte = 1.109.000 – 1.130.000 m y Este = 1.122.000 – 1.145.000 m.

Se encuentra a una altitud cercana a los 2.600 metros sobre el nivel del mar. La altitud del municipio oscila entre los 2.500 y los 4.000 (m.s.n.m) metros sobre el nivel del mar. Encontrándose el punto más bajo en la vereda San José sector San José Porvenir metros debajo de CPR (Cementos Paz del Río) a 2.490 m.s.n.m. y el punto más alto en el pico Barro Amarillo en la vereda Mortiñal, que comparte con el Pico de Oro en la vereda las Cañas, ubicados ambos a 3.950 m.s.n.m. este último pico sirve de limite a los municipios de Mongui, Mongua y Sogamoso.

Sogamoso se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas: 5° 38'35" latitud norte y a 72° 55'38"162 longitud.

Límites del municipio:

El municipio de Sogamoso se localiza en la parte central del Departamento de Boyacá, en la Provincia de Sugamuxi; entre las coordenadas N = 1.109.000 – 1.130.000 m: E = 1.122.000 – 1.145.000 m (Ver Figura N° 1) Limita al norte con los municipios de Nobsa y Tópaga; al oriente con los municipios de Tópaga, Monguí y Aquitania; al sur con los municipios de Aquitania, Cuitiva e Iza; y al occidente con los municipios de Tibasosa, Firavitoba e Iza.

Extensión total208.54 Km²**Extensión área urbana**30.54 Km²**Extensión área rural**178 Km²**Altitud de la cabecera municipal**

(Metros sobre el nivel del mar) 2569

Temperatura media

17° C

Distancia de referencia

210 Km de Bogotá, 80 km de Tunja

MARCO TEORICO

Zonas agroecológicas del municipio de Sogamoso.

De acuerdo al documento diagnóstico emitido por la alcaldía de Sogamoso (2013) del componente y clasificación del suelo se encuentran de manera general tres zonas agroecológicas definidas, determinadas por los sistemas hídricos y orográficos como factores principales. Ver Anexo 1.

Valle

Zona de menor altura, donde se encuentra el perímetro urbano, definida por el río Chicamocha y por la cota 2550 m.s.n.m. que marca el inicio de los cerros del oriente, abarca el 18 % del área del municipio (3800 ha)

Montaña

Esta zona ubicada al occidente por la cota 2600 m.s.n.m y al sur oriente por 3200 m.s.n.m; abarca un área equivalente al 34 % del área municipal (7017 ha) dedicadas a la agricultura, minería. La franja comprendida entre los 3200 m.s.n.m. y los 3500 m.s.n.m. que abarca el 19% del área del municipio (4067 ha) esta denominada como zona de transición con paramo.

Paramo

Reserva ambiental de suma importancia al ser generadora del recurso hídrico, a la cual debe garantizársele su sostenibilidad, ocupando un 25% del territorio de Sogamoso (5357 ha)

Erosionabilidad

Es el proceso asociado directamente con el tipo de pendiente o el valor de la misma en un terreno, lo cual afecta principalmente en la zona de montaña.

Para el departamento de Boyacá, se encuentra un estudio general de suelos a través de una gestión entre el IGAC y la UPTC en el 2006. Escala 1: 100.000, como soporte de información de acuerdo a las propiedades químicas y estructurales y en especial al uso al cual se ha sometido el suelo y su vulnerabilidad a la degradación. En la jurisdicción de la situación con la relación a la susceptibilidad a la erosionabilidad, se encontró (mediante la técnica de Weismeyer) en el plan de ordenamiento del territorio de 1997, que se presenta en la tabla 1

Tabla 2. *Erosionabilidad del departamento de Boyacá*

REFERENCIA	AREA (Ha)	%AREA TOTAL
Ligera	1.160.100	72,86
Moderada	205.500	12,92
Alta	178.200	11,20
Muy alta	39.300	2,47
Cuerpos de agua	7.700	0,48
Cascos urbanos	1.100	0,07
TOTAL	1.591.900	100%

Fuente: Plan de ordenamiento territorial 1997.

De acuerdo a este estudio, el valle de la provincia de Sogamoso se encuentra dentro de la clasificación de erosionabilidad muy alta. (Alcaldía de Sogamoso, 2013)

Por primera vez el país dispone de un estudio nacional de la degradación de suelos por erosión a escala 1:100.000 (Anexo 3), el cual fue liderado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y realizado por el IDEAM con el apoyo técnico de la U.D.C.A. El estudio se constituye en la línea base de la degradación de suelos por erosión en Colombia, sobre la cual se hará el monitoreo y seguimiento para identificar y evaluar en el tiempo, la evolución del estado de la calidad de los suelos, como uno de los referentes para la gestión sostenible del mismo. El tiempo (2016)

Datos relevantes:

- El 40% de los suelos del área continental e insular del país correspondiente a 45'379.057 hectáreas, están afectadas por algún grado de erosión, 2.9% presenta erosión severa y muy severa en 3'334.594 ha, 16.8% erosión moderada en 19.222.575 Ha, 20% erosión ligera en 22.821.889 Ha.
- En el 2.9% del territorio (3.334.594 hectáreas) con grados de erosión severa y muy severa, las funciones y los servicios originales de los suelos como la fertilidad, la regulación y almacenamiento de agua, la biodiversidad, entre otros están completamente destruidos, su restauración es muy difícil, muy costosa y requiere de mucho tiempo.
- Todos los suelos de los departamentos del país presentan algún grado de degradación por erosión. Los que presentan más del 70% de su área afectada es decir mayor “magnitud de degradación por erosión”, son: Cesar (81,9%), Caldas (81,9%), Córdoba (80,9%), Cundinamarca (80,3%), Santander (79,4%), La Guajira

(79,3%), Atlántico (77,9%), Magdalena (76,9%), Sucre (75,1%), Tolima (73,7%), Quindío (72,7%), Huila (72,5%) y Boyacá (72,1%).

- Por otra parte, los departamentos que presentan mayor proporción de su área afectada por grados de erosión severo y muy severo, son: La Guajira (28,1%), Magdalena (16,5%), Cesar (12%), Huila (8,4%), Sucre (7,6%), Santander (7,6%), Tolima (7,5%), Boyacá (6,8%), Atlántico (6,4%), Norte de Santander (5,7%) y Valle del Cauca (5,4%).

Causas de la degradación de suelos por erosión en Colombia

Entre las principales causas directas de la degradación de los suelos por erosión, en Colombia se encuentra:

- La deforestación es una de las principales causas de la degradación de suelos por erosión en Colombia. De acuerdo con los informes del IDEAM 2015, más del 60% de las áreas deforestadas entre 1990 y 2010 se encuentran con algún grado de erosión, equivalentes a 4 millones de hectáreas.
- Las actividades y factores socioeconómicos, que mayor presión ejercen sobre los suelos y ocasionan degradación por erosión, se localizan en: los distritos de riego (94,4%), en los territorios agropecuarios (agrícolas 92,9%, agropecuario 88,2%, ganaderos 77,3%), en territorios con conflictos de uso por sobreutilización de los suelos (90,9%), subutilización (80,4%) y por los incendios de la cobertura vegetal (80,9%).
- Por extensión del país, con diferentes grados de erosión (magnitud) los factores y actividades que más ejercen presión son: los incendios de la cobertura vegetal con

- 26.803.123 ha; en las tierras ganaderas con 26.334.154 ha; en los climas secos con 25.784.081 ha y en los climas húmedos con 19.592.989 ha; por la sobreutilización de los suelos con 12.164.145 ha y la subutilización con 11.985.914 ha degradadas.
- Por extensión del país con grados severos de erosión (severidad), los factores y actividades que más presión ejercen, son: los climas secos con 2.744.966 ha; los incendios de la cobertura vegetal con 2.162.474 ha; los territorios ganaderos con 2.012.059 ha.

Impactos de la degradación de suelos por erosión en Colombia

- La erosión por terraceo (pata de vaca), está asociada a las actividades ganaderas, repercute en la compactación de los suelos y por lo tanto en el incremento de la magnitud y severidad de la erosión, en los escurrimientos superficiales y otros procesos como las inundaciones y deslizamientos.
- La erosión en grado severo y muy severo es irreversible, es producto, de una parte, por las condiciones naturales del clima, susceptibilidad de suelos a la erosión y posición geográfica y de otra parte, por la intensidad y los usos inadecuados de los suelos, realizados desde la época de la colonia hasta nuestros días.
- La erosión laminar, que es la clase dominante en el país, afecta a 32'678.635 hectáreas, (28.6%) se relaciona con la pérdida del horizonte orgánico, hábitat de la mayor biodiversidad y garante de resistencia y resiliencia de los suelos frente a los efectos adversos de la variabilidad y cambio climático.

Mapa nacional de susceptibilidad a la degradación de suelos por salinización

- El mapa de susceptibilidad a la degradación de suelos por salinización indica que el 45% de los suelos del país presentan algún grado de susceptibilidad (IDEAM, U.D.C.A 2016) a la degradación por salinización (baja hasta muy alta), en la cual se debe realizar monitoreo y seguimiento para identificar, analizar y evaluar los procesos actuales de degradación por salinización, con miras a prevenir, mitigar, rehabilitar o controlar la degradación de los suelos por salinización.
- Los departamentos de La Guajira, Atlántico, Magdalena, Sucre y Córdoba presentan más de un 30% de susceptibilidad alta a muy alta, siendo La Guajira el departamento más susceptible a degradación por salinización con un 72% del área en estas dos clases. El departamento del Cesar presenta un 27% de su superficie en clase muy alta. Los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Huila, Magdalena y Sucre presentan más de un 20% de su superficie con susceptibilidad media a salinización, siendo Sucre el departamento con mayor área (más de 50%).
- Con Muy alta susceptibilidad, se estima un 0,7% del territorio colombiano con muy alta susceptibilidad a salinización (791.339 ha). A escala nacional se presentan en áreas puntuales, pero a escala departamental son áreas considerables, especialmente porque se presentan en valles o zonas planas de desarrollo agropecuario.
- Los suelos con susceptibilidad alta corresponden a aquellos donde las condiciones tanto naturales como antrópicas son propicias para que los procesos de salinización ocurran de una forma acelerada, especialmente si las actividades antrópicas son de alto impacto o modifican drásticamente la condición natural de los suelos.

- Se estima un 4,4% del país con alta susceptibilidad a salinización, (5.029.388 ha) de los cuales gran parte ya presentan algún grado de salinidad y están relacionados con usos que pueden acelerar estos procesos. Las zonas donde se determinaron suelos con este nivel de susceptibilidad se localizan principalmente en la región del Caribe, con mayor afectación en la Guajira, en algunos valles interandinos (de los ríos Cauca, Magdalena, Patía) y algunos altiplanos de la región Andina.

Arboles fijadores de nitrógeno.

La fijación de nitrógeno en suelos degradados puede superarse gracias a la fijación biológica de nitrógeno (FBN) que ocurre en nódulos radiculares de algunos géneros de plantas angiospermas que establecen simbiosis con ciertos microorganismos del suelo. (Ferrari, Wall, 2004).

Se presentan en la naturaleza dos clases principales de simbiosis fijadoras de nitrógeno, las leguminosas que se asocian con bacterias del género *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Synorhizobium*, *Azorhizobium* y *Mesorhizobium* y las plantas actinorrizas que lo hacen con bacterias filamentosas (actinomicetes) del género *Frankia*. En esta revisión solo contemplaremos el uso de dos especies de la zona de la provincia de Sogamoso, Aliso (*Alnus acuminata*) y *Escallonia pendula*. Figura 1.



Figura 1. Árboles fijadores de nitrógeno. Fuente [www. Eudomus.com](http://www.Eudomus.com)

Aliso. (*Alnus acuminata* H.B.K. ssp. *Acuminata*)

Familia: Betulaceae.

Sinónimos:

Alnus acuminata H.B.K.

Alnus jorullensis H.B.K.

Alnus jorullensis H.B.K. var. *Ferruginea*

Alnus ferruginea Kunth.

Alnus mirbellii Spach.

Alnus spachii (Reg.) Call



Fotografía 1. Aliso. Alnus Acuminata Vereda primera Charrera, Sogamoso-Boyacá.

Fuente. Laura morales.

Otros nombres regionales

Se conoce como aliso y cerezo en Caldas, Quindío, Risaralda y y Antioquia. Como cerezo en Nariño, Cauca y Huila, como pino aliso en Huila y abedul en Cundinamarca y Boyacá.

En Colombia, de acuerdo a lo escrito por Ospina et al (2005) el aliso se encuentra en las Cordilleras Central y Oriental, conformando los ecosistemas andinos conocidos como “Bosques de niebla”, que hacen parte de las zonas secas, húmedas y muy húmedas de los bosques Premontano, Montano y Montano bajo, según el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge.

Morfología

Es una especie de vida media, de tamaño variable con alturas hasta de 30 m y diámetro de 50 cm; excepcionalmente puede alcanzar hasta 40 m de altura y 60 cm de diámetro. Tiene fuste recto, con aletones pobremente desarrollados, y es cónico cuando crece sin competencia. La corteza es de color grisáceo, a veces plateado, con lenticelas amarillentas, ovals y circulares dispuestas horizontalmente a lo largo del fuste. La copa es irregular y generalmente es angosta.

La raíz

Presenta nódulos, como consecuencia de la simbiosis con un actinomiceto del género *Frankia*, posiblemente la especie *alnii*, capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. Los nódulos forman grupos hasta de 6 cm de diámetro y se concentran en los primeros cinco centímetros del suelo. Entre los componentes químicos de estos nódulos se halla un glicósido de color amarillo rojizo capaz de inhibir el crecimiento de hongos patógenos.

Las Hojas

Son simples, alternas, acuminadas, de forma elíptica u ovoide, de 8 a 15 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho, con bordes dentados irregularmente. El haz es de color verde oscuro y algo brillante y el envés verde claro a grisáceo, y frecuentemente con pelos de color ocre o rojizo. Por ser una especie caducifolia, pierde las hojas antes de la floración. Figura 3.



Fotografía 2. Hojas y tallos del aliso Alnus Acuminata. Fuente. Laura morales. Vereda primera chorrera Sogamoso- Boyacá

Las flores

Son unisexuales, dispuestas en inflorescencias llamadas amentos. Las flores masculinas se encuentran en amentos terminales en forma de espiga y de color verdeamarillento, de 5 a 12 cm de largo y caen enteros después de la floración; las flores femeninas se encuentran dispuestas en amentos cortos (en forma de piña), de 2 cm de largo, de color verde y erectos. En la misma rama se encuentran flores de ambos sexos.

Los frutos

Están dispuestos en infrutescencias llamadas estróbilos, en forma de conos o piñas pequeñas, ovoides, de color verdoso a amarillento en estado inmaduro y marrón al madurar, con 1,5 a 3 cm de largo, escamas leñosas, algo alado y persistente donde se alojan las semillas. Un árbol adulto puede producir de 6.000 a 10.000 frutos, cada una con 80 a 100 semillas. Figura 4.



Fotografía 3. Frutos del aliso, Alnus acuminata. Fuente. Laura morales, vereda Primera Chorrera Sogamoso-Boyacá

La Semilla

Es elíptica, plana, de color marrón claro brillante, de 0,65 a 1,34 mm de largo, con dos alas angostas y pequeñas. El peso de la semilla es variable y algunos autores indican que su variación se relaciona con la latitud de la región de procedencia, encontrándose entre 1'400.000 y 4'400.000 semillas viables por kilogramo.

Usos del aliso

De forma puntual Reynel y Marcelo (2009) describen todos los usos posibles del aliso.

- La corteza contiene taninos que se extraen por hervido simple y se emplean para la curtiembre de cueros.
- De la corteza y hojas se extrae un tinte de color amarillo a verde, empleado para el teñido de algodón y lana.
- Es una planta medicinal. El follaje, en infusión, se emplea como diurético y para curar el reumatismo, la artritis y los resfríos. Molido y formando una pasta, se aplica sobre la piel para cicatrizar heridas.
- Su follaje es utilizado eventualmente por los agricultores andinos como alimento para el ganado, sobre todo en momentos de escasez estacional de otros forrajes. Estudios preliminares de la nutritividad y la digestibilidad (in vitro, materia seca) sugieren un alto potencial, con casi 17% de proteína y 71% de digestibilidad. Como referencia, los valores correspondientes para la alfalfa son 14% y 60% respectivamente (Reynel y León, 1990).
- Su madera se emplea en trabajos de carpintería y ebanistería. Es semidura, de grano recto y textura media, color claro; trabajable y durable.
- Tal vez el aspecto útil más importante de la especie es su capacidad de fijar nitrógeno en el suelo y fertilizarlo de modo natural por medio de sus nódulos radiculares. Estudios realizados en Colombia reportan aumentos de N de hasta 280 kg/ha/año en plantaciones de esta especie (Carlson, 1985). Adicionalmente, el

follaje aportado por estos árboles al suelo incorpora también cantidades significativas de nutrientes.

Mangle. (*Escallonia pendula*)

Corpoboyaca en sus libros describe esta especie de árbol fijador de nitrógeno de la siguiente manera. Figura 5.

Nombre común Mangle

Nombre científico: *Escallonia pendula*

Familia: *Escalloniaceae*.



Fotografía 4. Escallonia pendula. Fuente. Laura morales. Sogamoso- Boyacá.

Descripción botánica

Árbol de hasta 10 m de altura, tronco circular redondo de corteza estriada con escamas, color gris a café, copa aparasolada.

Corteza

La corteza externa es lisa, con láminas delgadas como papel, irregulares y de color rojizo, similar a los quinales. La corteza interna es delgada, de color crema claro.

Hojas

Las hojas son simples y alternas. Miden de 10 cm a 20 cm de longitud y 3 cm a 4,5 cm de ancho. Son lanceoladas y alargadas y suelen presentarse agrupadas en los extremos de las ramitas. Son pubescentes, y también algo pegajosas cuando frescas. El ápice es agudo, acuminado y la base aguda. El borde es diminutamente dentado, especialmente hacia la zona apical.



Fotografía 5. Hojas y flores de Escallonia pendula. Fuente. Laura morales. Sogamoso-Boyacá

Flores

Las flores miden de 1 cm a 1,4 cm de largo y se presentan en gran cantidad en largas espigas terminales péndulas que miden de 20 cm a 35 cm. Las flores son hermafroditas, con cáliz y corola presentes. Figura 6

Frutos

Los frutos son pequeñas cápsulas globosas de 4 mm a 5 mm de diámetro y superficie densamente pubescente. A la madurez se abren en dos desde la base, a partir del punto de inserción del pedúnculo. Contienen numerosas y diminutas semillas.

Semillas

Diminutos, numerosas de color café

Distribución

Especie originaria de las cordilleras Central y Oriental de Colombia se encuentran entre los 2400 y 3100 msnm.

Requerimientos ecológicos

Suelos bien drenados, tolerante medianamente a la sombra, no es tan exigente en cuanto a suelos bien fertilizados.

Usos***Maderable:***

Ebanistería y como fuente de leña

Otros usos

Sombrío en sistemas silvopastoriles y agrícolas, cerca viva, protección de fuentes hídricas de acuerdo a lo reportado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR (2006) por estar presente en algunas áreas protegidas como el cerro de Juaica, Juaitoque, pantano redondo y nacimiento del río Susagua, en la reserva forestal protectora de Pionono, paramos de Telecom y Merchán, cerros de Guadalupe y Monserrate; al igual esta especie favorece al mejoramiento de suelos erosionados.



Fotografía 6. Escallonia pendula usos en mejoramiento de praderas. Fuente. Laura Morales. Sogamoso- Boyacá.

EXPERIENCIAS COLOMBIANAS DEL USO DE *Escallonia pendula* y *Alnus acuminata* EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS.

La vegetación arbórea presenta un sistema de raíces de gran tamaño tanto a lo largo, ancho y profundo en el suelo, evitando de esta forma darle estabilidad al terreno evitando así la ruptura o fractura del mismo, evitando, así como escuchamos comúnmente por noticias los derrumbes o movimientos masales. (Rivera y Sinisterra, 2016).

Los primeros proyectos de restauración ecológica en Colombia son reportados por Murcia y Guariguata (2014). En 1951, el Congreso de la República aprobó la Ley 4, que decretó de utilidad pública una zona aledaña al río Otún y sus afluentes (en el municipio de Pereira, Risaralda) y ordenó destinarla exclusivamente a la *re población forestal* o a la formación de bosques industriales. El objetivo era asegurar el suministro de agua al municipio de Pereira y alrededores. Para tal efecto, se establecieron aproximadamente 840 hectáreas de plantaciones monoespecíficas de árboles nativos (principalmente *Alnus acuminata* y *Quercus humboldtii* y en menor grado *Podocarpus montana*) y exóticos (principalmente *Pinus patula* y *Fraxinus chinensis*, y en menor grado *Cupresus lusitanica* y cuatro especies de *Eucalyptus* y *Pinus* respectivamente) en parte del área deforestada. El resto se dejó regenerar naturalmente (Posada y Vanegas 1981). Aunque los protocolos de siembra y manejo inicial seguían un esquema industrial, solo un área muy pequeña de estas plantaciones fue aprovechada comercialmente al turno de corta de 20 años (Posada & Vanegas 1981). El resto, fue colonizado por la vegetación remanente. Eventualmente la zona se designó en dos áreas protegidas (el Parque Natural Regional Ucumarí, y el Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya) que hoy constituyen parte de la zona de

amortiguación del Parque Natural Nacional Los Nevados. Hoy en día el río Otún surte de agua a más de dos millones de habitantes y los bosques plantados han catalizado la recuperación de la fauna y la flora de la región (Kattan y Murcia 2012), incluyendo la recuperación de varias especies muy amenazadas de aves, tales como tres especies de hormigueros (*Grallaria spp.*) y una de pava (*Penelope perspicax*) (Kattan y Beltran

1999, Kattan et al. 2006) y de árboles (*Talauma hernandezii* y *Aniba perutilis*, C. Murcia, E. Quintero y P. Olaya, datos no publicados).

El segundo esfuerzo de restauración conocido es de finales de los años 60 y principios de los 70, cuando se inició un proceso de recuperación de cárcavas y control de erosión en la Reserva de Río Blanco, que protege la cuenca de dos ríos (r. Blanco y q. Olivares) que surten de agua al municipio de Manizales, Caldas. Este trabajo lo realizó el Ingeniero Forestal Gabriel Vélez, quien sembró semillas de aliso (*A. acuminata*) al voleo en las zonas deforestadas y con alto nivel de erosión (Humberto Álvarez López, *com. pers.*). No se trataba de establecer una plantación comercial sino de recuperar el suelo y la cobertura vegetal. El bosque resultante no tuvo manejo ni extracción y fue colonizado por vegetación de la zona. En la actualidad esos bosques se conservan como parte de un Reserva Protectora (CORPOCALDAS 2010).

En la ciudad de Sogamoso Boyacá, como reporta Radio Boyacá (2017), se iniciaron los procesos de reforestación en la vereda Chorrera en el sector de Alfareros, el trabajo fue coordinado por soldados gestores ambientales del Batallón de Artillería N° 1 Tarqui con el apoyo del Sena, Boyacá, el Club Rotario, el Sector Alfarero y la comunidad de la vereda donde fueron sembradas 3.000 plántulas de especies nativas de alisos, tilo, mangle, robles y sauce; esta siembra de árboles nativos beneficia a 200 familias del sector y garantiza el desarrollo sostenible del ecosistema.



*Fotografía 7. Cercas vivas de aliso *Alnus acuminata*, tota Boyacá. Fuente. Laura morales. Tota- Boyacá*

Gracias a la puesta en marcha del programa Ganadería Colombiana Sostenible, un total de 480 productores bovinos implementarán sistemas silvopastoriles en sus predios de acuerdo a lo publicado por Contexto ganadero (2018). El Fondo Nacional del Ganado, FNG, pertenecientes a la regional Boyacá-Santander, vienen haciendo entrega de árboles a productores bovinos beneficiarios del programa Ganadería Colombiana Sostenible, el proyecto ha hecho entrega de 30 mil árboles de Aliso, Urapán, Roble y Mangle en Boyacá; los cuales son destinados a la siembra y establecimiento de diferentes modelos silvopastoriles, entre los cuales se destacan barreras rompe-vientos, bancos mixtos de forraje, cercas vivas y arboledas dispersas en potrero; impactando así a 16 municipios de Boyacá, aportando especies que benefician el ecosistema del sector. Figuras 7,8,9 y 10.



*Fotografía 8. Sistema silvopastoril Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y aliso (*Alnus acuminata*). Cuitiva- Boyacá. Fuente: Laura Morales. Cuitiva- Boyacá.*



*Fotografía 9. Utilización del aliso (*Alnus acuminata*) en la recuperación de quebradas.*

Fuente: Laura Morales. Cuitiva - Boyacá.

El proyecto de recuperación de suelo en los cuales se han utilizado *Escallonia pendula* y *Alnus acuminata* principalmente se debe a la ausencia de cobertura vegetal,

la cual produce el efecto negativo de erosión, sobre todo en las áreas de ladera, en muchas zonas del territorio Colombiano. En el estudio realizado por Galeano, Rada y Morales (2012) reportan la utilización de *Alnus acuminata* (aliso) para mejorar suelos ácidos y bajos en nitrógeno, favoreciendo el paisaje y convirtiéndolo en un suelo productivo y a futuro que sirvan para la producción de madera; realizando una investigación cuantitativa y experimental dividida en tres etapas, la primera el diagnóstico en donde se determinó el área a trabajar, se georeferenció, se elaboró el plano y el diseño preliminar. En la segunda fase o de campo, se realizó la toma de muestras en el área denominada arboreto que presenta una degradación natural importante sobre suelo. Posteriormente se realizó una caracterización inicial del suelo determinando valores de Nitrógeno y pH. Para este ensayo se consideraron cinco especies a trabajar, aliso, guayacán, pino ciprés, eucalipto y roble; la especie maderable de tipo liviano, que se seleccionó por su desarrollo en el vivero, fue el aliso, (Tabla 1) la cual se adapta a las condiciones del suelo, y del cual se produjeron 1.100 árboles que se trasplantaron a los 3 meses de edad con una altura promedio de 40 cm. Con el método de tres bolillos a una distancia de 3 m x 3 m en la zona de experimentación. Al final del proceso obtuvieron los siguientes resultados:

Aumento del nitrógeno del suelo inicial de 0,4 % paso a nitrógeno final de 09%, lo que le permite realizar la recuperación de suelos y generar pastos.

La revegetalización con árboles de aliso estabilizó de forma considerable el suelo en cuanto a pH pues inicialmente estaba dentro del rango fuertemente ácido actualmente disminuyó su acidez.

Tabla 3. Comparación de cinco especies arbóreas en vivero

Especie	ALISO	GUAYACAN	PINO CIPRES	EUCALIPTO	ROBLE
Días					
0-30	* N.S. *F.R.P	* N.S. *F.R.P	* N.S.	* N.S. *A.R.P *A.P.H	* N.S. De manera lenta *A.P.H *a floración de raíz principal, formación de primer par de hojas y primer sistema radicular, alcanza una altura de 1 cm
30-60	* Formación de tallo y primer par de hojas, alcanza 1 cm de tallo	*a floración de raíz principal	* Formación de tallo y primer par de hojas, alcanza 1 cm de tallo	* formación de tallo y segundo par de hojas, alcanza una altura de 3 cm de tallo	
60-90	Trasplante en bolsa	Primer par de hojas.	Trasplante en bolsa	Trasplante en bolsa	Crecimiento de 2 a 3 cm.

Galeano, p. Rada, A. Morales, D.

En otro reporte de investigación dado por Insuasty, Apraez y Navia(2011), en donde se estudió la asociación en un sistema silvopastoril de aliso (*Alnus acuminata* K.) en el altiplano del departamento de Nariño, en donde evaluaron variables agronómicas y bromatológicas en un mono cultivo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (S1) y un sistema silvopastoril (S2), en donde los principales indicadores agronómicos evaluados fueron producción de forraje verde, producción de materia seca y altura del pasto, encontraron diferencias estadísticas significativas entre S1 en la altura del pasto de 23,2 cm y S2 con 36,2 cm, respectivamente. En conclusión, los indicadores

agronómicos y productividad animal fueron mejores en S2, en la asociación de *Alnus acuminata* y *Penisetum clandestinum*, al aumentarse la calidad y cantidad de biomasa de forraje verde para los animales experimentales, al presentar mejor proteína, extracto etéreo, y algunos minerales como el fósforo. Así mismo Flórez y Umaña (2006) evaluaron la adaptación, comportamiento y el efecto en la pradera de la acacia negra (*Acacia decurrens*), acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*) y el aliso (*Alnus acuminata*) como cerca viva en un sistema de producción de ganado de leche en el trópico alto Colombiano en siete tipos de arreglos T1 (testigo), T2 (aliso), T3 (*Acacia decurrens*), T4 (*Acacia melanoxylon*), T5 (Aliso + *Acacia decurrens*), T6 (Aliso + *Acacia melanoxylon*) y T7 (*Acacia decurrens* + *Acacia melanoxylon*), se evaluaron el crecimiento y desarrollo de los árboles, medidas dasométricas; presencia e incidencia de plagas y enfermedades; cambios físico-químicos en el suelo, calidad y cantidad de la biomasa de la pradera; para el análisis de suelo a los seis meses después de la siembra de los árboles se puede observar un ligero incremento en el pH, conduciendo a una mayor disponibilidad de nutrientes, como el fósforo, calcio nitrógeno, potasio entre otros. Por otro lado, el contenido de Materia Orgánica (MO), se incrementó gracias a la mayor tasa de reciclaje y a la presencia de hojarasca; este incremento aumenta la actividad microbiológica del suelo, la retención de agua y favorece la presencia de poblaciones de insectos. El Fósforo (P) disponible aumentó, esto se correlaciona con la disminución en la acidez y el bajo contenido de aluminio (Al) intercambiable. En cuanto a las bases intercambiables en todos ellos se aumentó su disponibilidad asociado a una baja saturación de (Al), con respecto al Sodio se tienen incrementos sin llegar a niveles

que muestren salinización o toxicidad. En referencia al desarrollo de la altura de las plantas utilizadas solo encontraron diferencias significativas en el aumento de las mismas, presentándose un mayor crecimiento en la *Acacia decurrens* en comparación que *Alnus acuminata*, lo cual se debió principalmente a la presencia de mayor cantidad de plagas y enfermedades en esta última. En la evaluación se observó un aumento en la disponibilidad de forraje verde y de la materia seca. Se registró una clara diferencia en la disponibilidad a los seis meses, con respecto a análisis inicial. El forraje verde inicial que fue de 2.591.17 kg/ha; y el final de 7.136.61 kg/ha esto expresado en porcentajes muestra un aumento del 36.31 %, por ende, también se encontró un incremento considerable en la cantidad de materia seca, con un reporte inicial de 855.03 kg/ha comparado con los resultados finales de 2319.39 kg/ha lo que significa un 36.86 % más de forraje en materia seca.

Jojoa e Insuasty (2014) evaluaron en la vereda Concepción, municipio de Pasto, departamento de Nariño, algunas propiedades físicas del suelo en un arreglo agroforestal de aliso (*Alnus jorullensis* H.B.K.) y papa (*Solanum tuberosum* L.); en la cual compararon parcelas fertilizadas orgánicamente con lombricompost y fogafos, y las subparcelas a distancias del árbol con respecto al cultivo (0,5 m y 1 m) , realizando tres mediciones la primera antes del establecimiento , segunda a los tres meses y la tercera 6 meses. Analizando los resultados por el método estadístico de bloques completamente al azar encontraron diferencias estadísticas significativas para las variables de densidad aparente y estabilidad estructural; para las variables de conductividad hidráulica,

humedad gravimétrica, humedad volumétrica, porosidad total, textura y densidad real, no encontraron diferencias significativas.

Dentro de las propuestas de mitigación de impactos ambientales que contrarresten los conflictos del uso del suelo Luengas y Navarrete (2010) proponen modelos de uso de árboles fijadores de nitrógeno en donde destacan la presencia de *Alnus acuminata* y *Escallonia pendula*

Ospina et al. (2005) reportan En Colombia, en una plantación de aliso de dos años, con una densidad de 1.600 árboles/ha y una altura promedio de 6,2 m, se registró un incremento de nitrógeno en el suelo de 279 kg/ha/año. Las plantaciones de aliso se desarrollan muy bien en asocio con el pasto kikuyo y en sitios sometidos a pastoreo. En el país se encontró que el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), creciendo bajo un rodal de aliso de 12 años de edad, contenía el doble de proteína que el mismo pasto a plena exposición solar. Igualmente, se registró que terneros pastando en plantaciones de aliso aumentaron 33% más de peso, que aquellos pastando en áreas sin aliso, debido a la protección del sol y del viento, y a la mejor calidad del pasto. Debido a la forma del árbol y a su follaje, esta planta es propicia para establecer con cultivos asociados como el lulo (*Solanun quitoense*), presentándose como alternativa adicional de producción, esto lo confirman experiencias realizadas por la Compañía Forestal de Colombia en el municipio de Villa María (Caldas), las cuales demostraron que al establecer lulo entre

una plantación previamente raleada a una edad de cinco años y con densidades de 3 x 3 m, el cultivo presenta un óptimo desarrollo y baja la incidencia de enfermedades.

De acuerdo a lo investigado por Medina, Velásquez, Restrepo y Pinzón (2012) al trabajar en su proyecto de investigación la evaluación de la inoculación de (*Alnus acuminata*) con cepas de *Frankia sp* y hongos, con dos niveles de boro(B), (0,3 y 0,6 mg kg⁻¹ suelo) y la aplicación de nitrógeno (N) (40 kg ha⁻¹), fósforo (P) (30 mg kg⁻¹ suelo) y un control sin inoculación ni elementos químicos; en donde evaluaron la producción de biomasa seca aérea y sus contenidos de N, P, Calcio (Ca) y cenizas (cen). Se encontró que los tratamientos de P y N y las cepas nativas de *Frankia spp.* (UdeA902, UdeA904 y CUNMS502) combinados con hongos micorrizógenos (UdeA1905 y *Glomus fistulosum*) respectivamente, favorecieron el rendimiento y contenido de N del aliso. La aplicación de B en algunos casos mejoró el rendimiento y en otros lo afectó negativamente; pero potenció la respuesta de algunas inoculaciones especialmente cuando estuvo presente *G. fistulosum* aún en el caso de estar acompañado de la cepa de *Frankia* (CUNMS502). Esta cepa, que presentó bajo rendimiento en otros tratamientos, se vio favorecida notablemente con la adición de B. La inoculación dual es efectiva para favorecer el manejo forestal del aliso, siempre y cuando se haga la selección adecuada de las cepas, lo cual puede además condicionar la respuesta a algunos nutrientes como en el caso del B.

Arboleda, Tombe, Morales y Vivas (2013), proponen en su documento para la implementación de especies arbóreas y arbustivas bajo modelos agroforestales en los sistemas de ganadería bovina para zonas del trópico alto. Las alternativas de uso propuestas parten de la identificación previa de una línea base de 17 especies arbóreas y arbustivas con aptitud forrajera potencialmente utilizables en sistemas de producción Bovina para zonas de clima frío del Departamento del Cauca que puede ser replicada en la zonas veredales de la ciudad de Sogamoso dedicadas a la ganadería principalmente, en el cual destacan el uso de *Alnus acuminata* y con el cual proponen los siguientes arreglos silvopastoriles, para cercas vivas el uso de especies de porte alto como *Acacia decurrens*, *Acacia melanoxylon*, y *Salix humboldtiana* se propone utilizar distancias de siembra de 15 a 20 metros; especies como *Alnus acuminata* y *Senna pistaciifolia* a distancias de 5 a 10 metros y la especies arbustivas, *Myrsine coriacea* a una distancia de 2,5 metros. Recomiendan la siguiente formula florística en la implementación de cercos vivos con las especies fijadoras de nitrógeno como acacias, aliso y el Galvis se recomienda el establecimiento de combinaciones arbóreas como Acacias asociadas con *Alnus acuminata*, *Salix humboldtiana* y *Senna pistaciifolia*; *Delostoma integrifolium* asociado con *Alnus acuminata*; y para zonas con alturas mayores a 3000 metros *Acacia decurrens*, y *Myrsine coriácea*.

Barreras rompevientos, Arboleda, Tombe, Morales, Vivas (2013) proponen usarlos como cercos vivos, teniendo en cuenta la dirección del viento y, además, que dentro del diseño florístico se usen de forma intercalada árboles de mayor altura y

arbustos u otros árboles de porte medio. Se recomiendan especies como *Acacia decurrens*, *Acacia melanoxylon*, *Weinmannia sp*, *Alnus acuminata* y *Senna pistaciifolia*. En la figura 11 se muestra un esquema en planta y perfil de una pastura de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo un sistema de barreras rompevientos compuesto por *Acacia sp* como cortina perimetral sembrada a una distancia de 3 metros, y las cortinas internas compuestas por *Alnus acuminata* y *Senna pistaciifolia* a una distancia similar a las Acacias

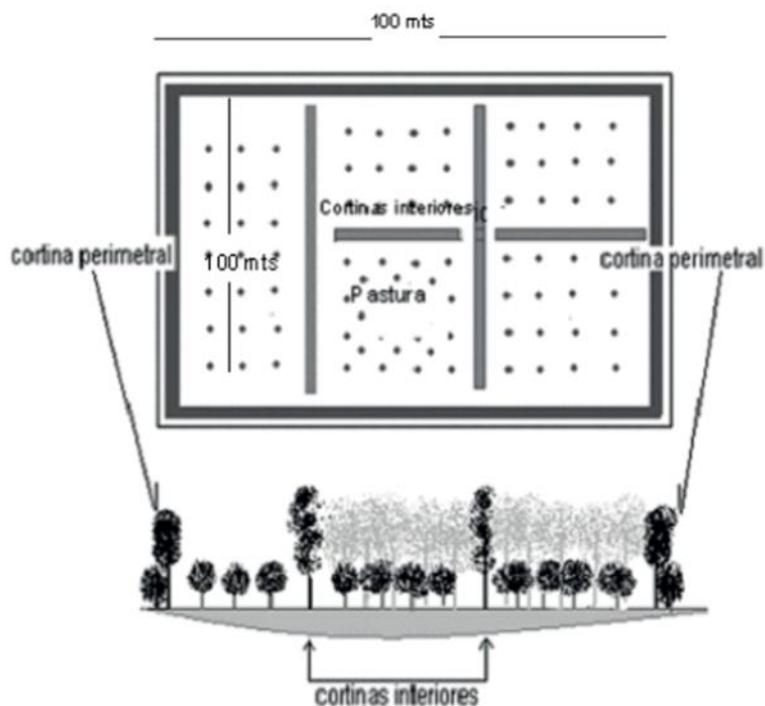


Figura 2. Esquema en planta y perfil de una pastura bajo un sistema de cortinas rompevientos. Fuente. Arboleda, Tombe, Morales, Vivas. (2013)

Setos. Se recomiendan *Mimosa quitensis* sembrado en surcos a una distancia de 1 metro entre árboles, asociado con *Delostoma integrifolium*, *Alnus acuminata*, *Acacia melanoxylon* o *Acacia decurrens*. En la figura 12 se presenta un ejemplo de un arreglo bajo setos de *Mimosa quitensis* y *Delostoma integrifolium* en una pastura de *Pennisetum clandestinum* siguiendo las curvas de nivel del terreno. Esta estrategia permite regular la fuerza cinética del agua a causa de las precipitaciones, permite mejorar las condiciones de fertilidad del suelo por la capacidad que tiene el aliso y las acacias para la fijación de nitrógeno atmosférico. De igual forma, genera espacios físicos con un mejor aspecto visual dentro del entorno paisajístico de la zona.

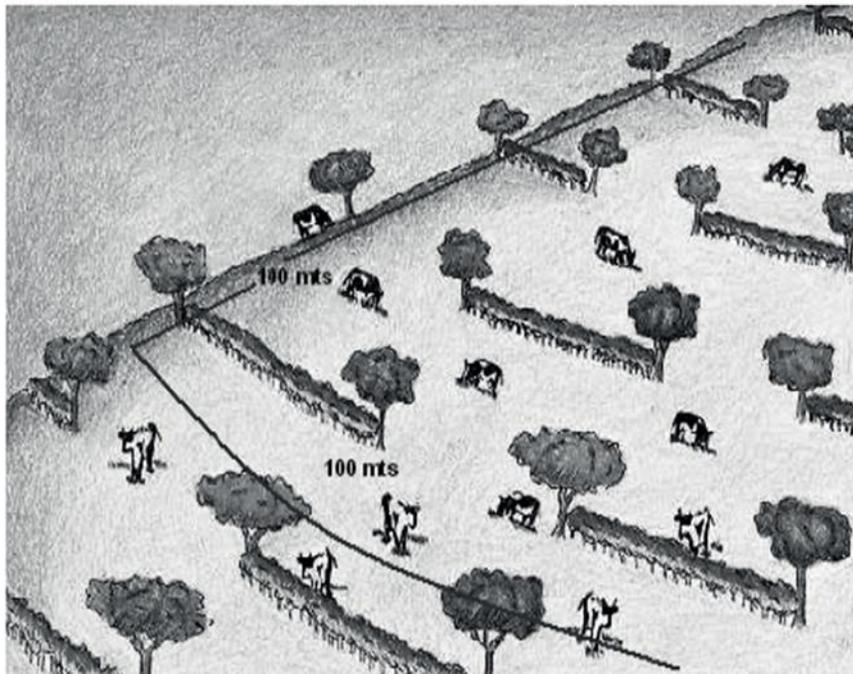


Figura 3. Asociación Delostoma integrifolium y Mimosa quitensis en pasturas de Pennisetum clandestinum

Fuente. Arboleda, Tombe, Morales, Vivas. (2013)

Árboles en potreros. Especies de porte alto como *Acacia decurrens*, *Acacia melanoxylum*, *Alnus acuminata*, *Hesperomeles ferruginea* y *Salix* pueden sembrarse a distancias de 5 a 10 metros entre plantas por 5 a 10 metros entre líneas. Para especies de porte un poco más bajo como *Viburnum sp.*, *Senna pistaciifolia*, *Mimosa quitensis*, *Myrsine coriacea* y *Escallonia paniculata* pueden sembrarse a menores distancias (5 a 8 metros) o bajo arreglos de doble estrato en combinación con las especies de mayor altura. A continuación, se presentan algunos modelos para el uso de árboles en potreros que pueden ser implementados en el área de investigación. Dichas propuestas han sido divididas en

arreglos para zonas con altas pendientes y zonas con pendientes menos pronunciadas y alturas superiores a los 2500 metros sobre el nivel del mar. Del mismo modo se propone el establecimiento de arreglos bajo el mismo esquema anterior asociado a bancos de proteína con especies como la Alfalfa (*Medicago sativa L.*). Cada faja contiene árboles alternados de Acacia (*Acacia melanoxylon*) y Aliso (*Alnus acuminata*) con una distancia entre surcos de 15 metros y 10 metros entre árboles para una densidad de 67 árboles/ ha (Figura 13).

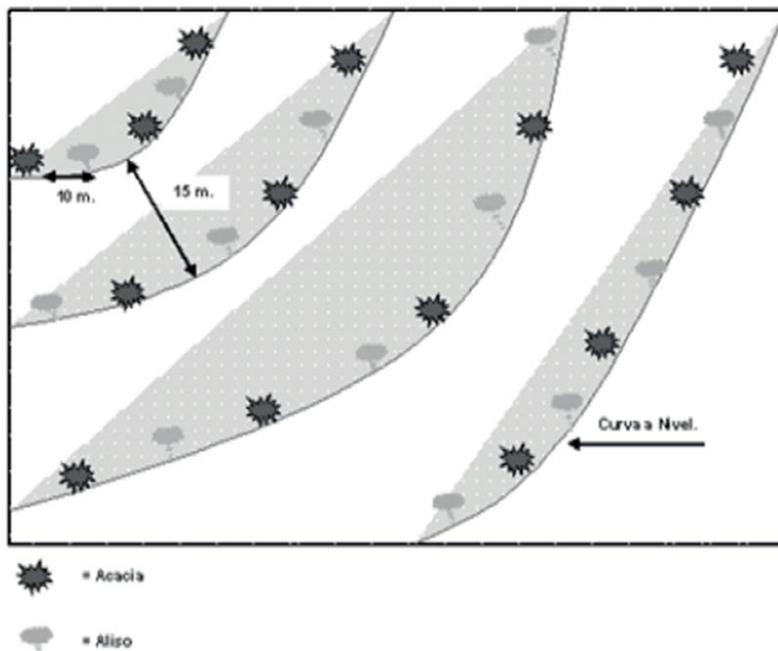


Figura 4. Esquema de un arreglo de Acacia-Aliso con curvas a nivel.

Fuente. Fuente. Arboleda, Tombe, Morales, Vivas. (2013)

Otro sistema propuesto es la construcción de terrazas a través de curvas a nivel en zonas con pendientes muy pronunciadas con especies como Sauce (*Salix*

humboldtiana) y Aliso (*Alnus acuminata*) con distancias entre surcos de 16 metros y 8 metros entre árboles, asociados a bancos de proteína como Alfalfa (*Medicago sativa* L.) u otros cultivos (Figura 14).

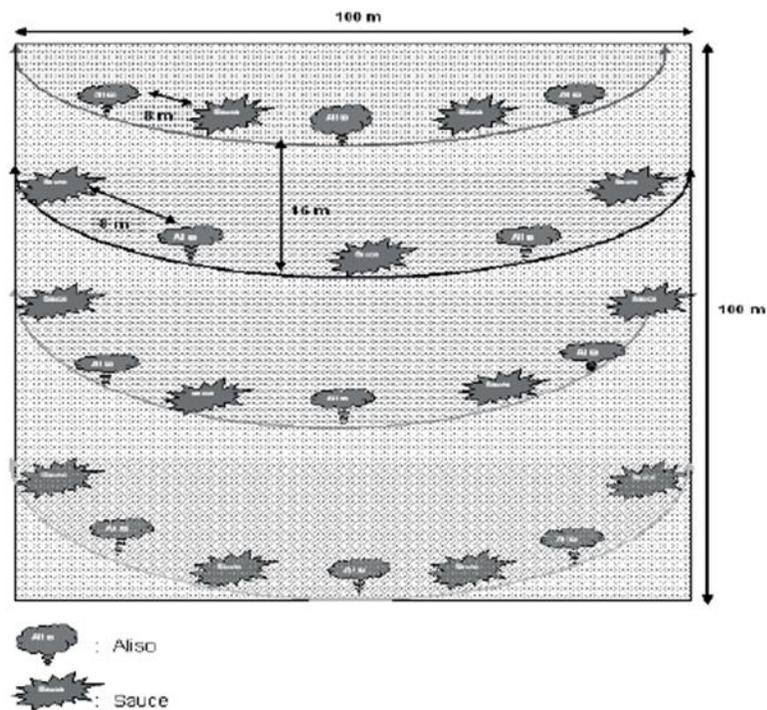


Figura 5. Esquema de un arreglo de Sauce (*Salix humboldtiana*) – Aliso (*Alnus acuminata*) con curvas a nivel.

Fuente. Fuente. Fuente. Arboleda, Tombe, Morales, Vivas. (2013)

MARCO JURIDICO

El desarrollo de todas las actividades de reforestación y de conservación del medio ambiente implica tener en cuenta las normas legales dadas por la presidencia de la república de Colombia y los diferentes ministerios.

Norma constitucional

La constitución política de Colombia de 1991 elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, a través de los siguientes principios fundamentales.

Artículo 79

La Constitución Nacional (CN) consagra que: " Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano; de esta forma el estado debe proteger el ambiente y la diversidad ecológica, que dara una mejor calidad de vida a los ciudadanos.

Todo esto deberá entenderse que el medio ambiente es un patrimonio en común y deben cuidarse mancomunadamente para que permita un desarrollo sostenible que promueva una mejor calidad de vida a los Colombianos y sus futuras generaciones.

Ley 1377 de 2010

Ley emitida por el congreso de la republica (2010) tiene por objeto definir y reglamentar las plantaciones forestales y sistemas agroforestales con fines comerciales. En la cual se establecen las siguientes definiciones.

Actividad Forestal con fines comerciales

Es el cultivo de especies arbóreas de cualquier tamaño originado por la intervención directa del hombre con fines comerciales o industriales y que está en condiciones de producir madera, productos forestales no maderables y subproductos, en el ámbito definido en el artículo 1o de esta ley.

Sistema agroforestal

Se entiende por sistema agroforestal, la combinación en tiempo y espacio de plantaciones forestales con fines comerciales asociadas con cultivos agrícolas o actividades pecuarias, en el ámbito definido en el artículo 1o de esta ley.

Vuelo forestal

Es el volumen aprovechable sobre el cual el titular o el propietario de un cultivo forestal con fines comerciales tiene derecho para constituir una garantía. Para todos los efectos jurídicos, se entiende que los árboles son bienes muebles por anticipación conforme lo establecido en el artículo 659 del Código Civil.

Certificado de Incentivo Forestal

CFI, para apoyo de programas de reforestación comercial: Es el documento que otorga a su titular el derecho a obtener directamente, al momento de su presentación, los apoyos o incentivos económicos que otorga el Gobierno Nacional para promover las actividades forestales y sistemas agroforestales con fines comerciales.

Remisión de movilización

Es el documento en el que se registra la movilización de madera o de productos forestales de transformación primaria provenientes de actividades forestales o sistemas agroforestales con fines comerciales debidamente registrados

Ley 1021 de 2006

Emitida por el Congreso de Colombia (2006), tiene por objeto establecer el Régimen Forestal Nacional, conformado por un conjunto coherente de normas legales y coordinaciones institucionales, con el fin de promover el desarrollo sostenible del sector forestal colombiano en el marco del Plan Nacional de Desarrollo Forestal. A tal efecto, la ley establece la organización administrativa necesaria del Estado y regula las actividades relacionadas con los bosques naturales y las plantaciones forestales. Mediante los siguientes principios y normas generales.

Se declara de prioridad nacional e importancia estratégica para el desarrollo del país la conservación y el manejo sostenible de sus bosques naturales y el establecimiento de plantaciones forestales en suelos con vocación forestal, los mismos que se ejecutarán en armonía con los instrumentos relevantes de Derecho Internacional de los que la República de Colombia es parte signataria.

Se instituye como cláusula de sujeción institucional al Régimen Forestal de la Nación el uniforme sometimiento de todas las instituciones públicas del país que

participen en el desarrollo del sector forestal, a las normas, estrategias y políticas nacionales de dicho Régimen, en la perspectiva de garantizar la organicidad y la coherencia requeridas como condición esencial para propiciar la inversión sostenida y creciente en el sector forestal, brindando a los agentes económicos y actores forestales en general, un marco claro y universal de seguridad jurídica. Dicha cláusula opera sin perjuicio de las autonomías y potestades acordadas por la ley a las autoridades ambientales y territoriales, así como a las comunidades indígenas y afrocolombianas.

La conservación de la región amazónica y del Chocó biogeográfico serán materia de medidas especiales a establecerse por el Gobierno Nacional, debiendo adoptar las decisiones que garanticen la efectiva operatividad de lo dispuesto por el artículo 92 de la Ley 99 de 1993.

Las acciones para detener la deforestación y la tala ilegal de los bosques, así como para promover el desarrollo sostenible del sector forestal, deberán ser adoptadas y ejecutadas de manera conjunta y coordinada entre el Estado, la sociedad civil y el sector productivo, propendiéndose al acceso equitativo a los recursos y a su aprovechamiento integral, en el marco de los requerimientos básicos para la conservación de los ecosistemas y su diversidad biológica.

El Estado promoverá el desarrollo del sector forestal como un reconocimiento de los beneficios económicos, sociales y ambientales que el mismo genera para el país.

Se declara el desarrollo del sector forestal como una tarea nacional prioritaria para la consecución de la paz y la convivencia ciudadana.

El fomento de las actividades forestales debe estar dirigido a la conservación y manejo sostenible de los ecosistemas, a la generación de empleo y al mejoramiento de las condiciones de vida de las poblaciones rurales y de la sociedad en general.

El Estado estimulará el estudio, la investigación científica, la asistencia técnica, la transferencia tecnológica, la protección fitosanitaria, así como el rescate, la conservación y la protección de los conocimientos ancestrales y tradicionales y su divulgación, como elementos fundamentales para el manejo sostenible de los bosques naturales y el desarrollo de plantaciones forestales.

Objetivo del manejo integral de los bosques naturales es mantener un nivel sostenible de productividad sus recursos forestales maderables y no maderables y sus servicios ambientales, conservando sustancialmente las calidades originales de sus ecosistemas y de su diversidad biológica.

A fin de generar un proceso creciente de acatamiento voluntario de las normas legales del Régimen Nacional Forestal, el Estado promoverá, en el ámbito nacional, departamental y municipal, la difusión masiva de la importancia y los valores de los bosques.

El Estado garantiza el derecho de las comunidades indígenas y afrocolombianas a la libre toma de decisiones, dentro del marco de la Constitución y la ley, respecto de las actividades forestales de carácter sostenible que deseen emprender en sus territorios, conforme a la Ley 21 de 1991, la Ley 70 de 1993, y demás normas complementarias.

Las plantaciones forestales, al igual que los sistemas agroforestales, cumplen una función fundamental en la producción de energía renovable, el abastecimiento de materia prima, el suministro de bienes y servicios ambientales, la ampliación de la oferta de recursos de los bosques, la generación de empleo y el desarrollo socioeconómico nacional, por lo cual el Estado estimulará su desarrollo en las tierras que no cuenten con cobertura boscosa natural.

Las líneas de política nacional se desarrollarán regionalmente atendiendo a las particularidades de cada región. La gestión de la conservación y el manejo sostenible de los bosques naturales debe ser descentralizada y participativa, sin perjuicio de la cláusula de sujeción institucional al Régimen Nacional Forestal. En todo caso, el Estado fomentará el uso de los bosques naturales con claros objetivos sociales, culturales, económicos y ecológicos.

Las plantaciones forestales con fines de protección serán establecidas o promovidas por los organismos públicos, nacionales o regionales en los espacios que lo requieran con fines de recuperación de suelos, protección de cuencas hidrográficas, restauración vegetal de áreas protectoras, conservación de la biodiversidad y demás servicios ambientales.

El Estado establecerá y reglamentará los mecanismos específicos de asistencia técnica forestal requeridos para el cabal cumplimiento de la presente ley.

Se reconoce el vuelo forestal como el derecho que tiene el titular o el propietario de una plantación forestal privada debidamente registrada, para constituir sobre una plantación futura, una garantía con cualquier entidad financiera. Para todos los efectos jurídicos, se entiende que los árboles son bienes muebles por anticipación conforme lo establecido en el artículo 659 del Código Civil.

En ningún caso la presente ley permitirá tratamientos distintos a los consagrados en la legislación vigente para las áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales.

Se reconoce el ecoturismo sobre los bosques, como una estrategia fundamental para su conservación en pie y el mantenimiento de la biodiversidad y los servicios ambientales.

CONCLUSIONES

Una de las características positivas que tiene los arboles fijadores de nitrógeno es la gran adaptabilidad de los mismos a sustratos de mala calidad, con pH extremos, contaminados de algunos minerales, compactados, climas extremos; convirtiéndolos en una opción actual de primera medida en la rehabilitación de suelos de intensa y baja erosión.

Los arboles fijadores de nitrógeno como *Alnus acuminata* y *Escallonia péndula* de acuerdo a muchos reportes constituyen la única forma de control de la erosión en muchas zonas de ladera principalmente, pero al combinarlo con pastos se realiza un control inmediato de la erosión, mientras que los arboles fijadores de nitrógeno darán un control a largo termino, siendo esta la forma en que mejor se controla la erosión.

La utilización de árboles fijadores de nitrógeno en combinación con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en las zonas de tierra fría, aumenta la producción de biomasa de la gramínea y la calidad de la misma, para la nutrición de animales rumiantes.

El manejo del aliso (*Alnus acumminata*) en el sistema silvopastoril combinado con papa (*Solanum tuberosum* L.) o kikuyo (*Pennisetum clandestimun*) a largo plazo puede dar resultados positivos en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.

El aliso (*Alnus acuminata*) especie es de gran valor para el control de erosión en suelos de fuerte pendiente e inestables, y para la recuperación de taludes, gracias a que su sistema radical superficial y extendido. De otra parte, el aporte al suelo de una alta cantidad de materia orgánica rica en nitrógeno aumenta la fertilidad del suelo, especialmente de hojas, las cuales se descomponen rápidamente.

El aliso es una especie de gran valor para la protección de las cabeceras y márgenes de ríos y quebradas, y en general, para la protección de cuencas hidrográficas, debido a que la materia orgánica que aporta contribuye significativamente a incrementar la porosidad del suelo, la capacidad de infiltración y la conservación del agua en el suelo.

La utilización del aliso y el mangle en el desarrollo de los diferentes sistemas agroforestales permite el mejoramiento de características positivas como la modificación del microclima, al aumentar la cobertura arbórea disminuye algunos efectos negativos sobre el desarrollo de los animales domésticos y el rendimiento de algunos cultivos bajando así los vientos fuertes se baja la evotranspiración en el suelo mitigando la sequía en el cultivo; efectos en el suelo, al aumentar la disponibilidad de materia orgánica producida principalmente por el follaje de su biomasa y el aumento del N por la fijación biológica dando para los suelos de Sogamoso una reducción de la pérdida del suelo y de sus nutrientes al minimizar la erosión hídrica y eólica.

Todos los modelos agroforestales aquí propuestos y en los cuales estén presentes *Alnus acuminata* y *Escallonia pendula* aplicables para la zona rural del municipio de Sogamoso son una guía para productores de ganadería de doble propósito o lechería que permitirán a futuro la minimización de impactos negativos en sus ecosistemas.

De manera general y concluyente son muchos los usos positivos que podemos obtener de las especies *Alnus acuminata* y *Escallonia pendula*, al utilizarlo en los suelos de las diferentes zonas de la provincia de Sogamoso (rural y urbana) como linderos, combinación con cultivos transitorios o permanentes, forraje para alimentación bovina, restauración de áreas degradadas, protección de microcuencas y embellecimiento del ornato de la ciudad.

Esta monografía se convierte en un documento base, para todos aquellos productores rurales y de la ciudad; que deseen plantear un mejoramiento de sus producciones agropecuarias en pro del arreglo de sus suelos de baja calidad, disminución de la erosión y embellecimiento del paisaje.

RECOMENDACIONES

Se deben iniciar los procesos de recuperación de suelos poco fértiles, arenosos o fáciles de compactarse o inundarse con árboles maderables de tipo liviano como los alisos (*Alnus acuminata*) y mangle (*Escallonia pendula*) así como también en suelos de degradación minera.

Dentro de las especies a utilizar en los programas de reforestación, disminución de la erosión, mejoramiento del pH y de forma general el mejoramiento de la estructura física y química del suelo se tienen como árboles nativos de la zona como opción número uno el aliso y el mangle.

El aliso es un árbol que puede superar condiciones adversas o negativas al poder superar en su desarrollo una variedad de condiciones y tipos de suelo de malas condiciones y las plántulas se elevan velozmente.

Se recomienda usar el aliso (*Alnus acuminata*) como árbol recuperador de suelos, mejoramiento del crecimiento del pasto y de producción de algunos tubérculos y frutas.

Se hace indispensable que los productores de la zona de la provincia de Sogamoso y sectores aledaños, inicien un programa de recuperación de cuencas

hidrográficas y nacimientos de agua, con la utilización de especies nativas como el mangle (*Escallonia pendula*) y aliso (*Alnus acuminata*)

En Colombia, en suelos de alta montaña, Carlson y Dawson (1985) registraron incrementos de 279 kg ha⁻¹ de N, en plantaciones de *Alnus acuminata* (syn. *A. jorullensis*) con dos años de establecimiento y densidades de 1.200 árboles ha⁻¹. Por esta razón se recomienda el uso del Aliso en la recuperación de suelos bajos de fertilidad, no solamente en las zonas de ladera de la ciudad de Sogamoso, si no al igual en cercas perimetrales para cultivos de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) o cualquier otra clase de cultivo (agroforestería) que se vea favorecido por la asimilación del nitrógeno atmosférico

El aliso (*Alnus acuminata*) se proyecta como una alternativa positiva para la arborización de áreas comunales de zonas de clima frío en Colombia, al ser nativas y tener un tamaño apropiado y rápido crecimiento.

REFERENCIAS

Alcaldía de Sogamoso (2017). Nuestro municipio. Recuperado de http://sogamoso-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml

Alcaldía de Sogamoso. (2013). Componente ambiental. Recuperado de <http://186.116.11.66/suimweb/ARCHIVOS/TERRITORIO/DIAGN%C3%93STICOS%20GENERALES/TEDIDODOMU1414694225.pdf>

Alcaldía de Sogamoso. (2013). Componente de clasificación del suelo, modelo de ocupación y norma. Recuperado de <http://186.116.11.66/suimweb/ARCHIVOS/TERRITORIO/DIAGN%C3%93STICOS%20GENERALES/TEDIDODOMU1414694825.pdf>

Arboleda, D. Tombe, A. Morales, S. Vivas, N. (2013). Propuesta para el establecimiento de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero: en sistemas de producción ganadera del trópico alto colombiano. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 11(1). P. 154 – 163. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a19.pdf>

Becerra, A.G., E. Menoyo, I. Lett and C.Y. Li. 2009. *Alnus acuminata* in dual symbiosis with Frankia and two different ectomycorrhizal fungi (*Alpova austroalnicola* and *Alpova diplophloeus*) growing in soilless growth medium. *Symbiosis* 47: 85-92.

Carlson, P.J. and J.O. Dawson. (1985). Soil nitrogen changes, early growth, and response to soil internal drainage of a plantation of *Alnus jorullensis* in the Colombian highlands. *Turrialba* 35(2): 141-150.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. (2007). Areas protegidas del territorio CAR. Recuperado de [file:///C:/Users/sario/Downloads/04837%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/sario/Downloads/04837%20(1).pdf)

Congreso de la Republica de Colombia. Ley 1377. Diario oficial No. 47.586 de la república de Colombia, 8 de enero de 2010. Recuperado de: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1377_2010.html

Becerra, A.G., E. Menoyo, I. Lett and C.Y. Li. (2009). *Alnus acuminata* in dual symbiosis with Frankia and two different ectomycorrhizal fungi (*Alpova austroalnicola* and *Alpova diplophloeus*) growing in soilless growth medium. *Symbiosis* 47: 85-92.

Boyacá radio. (2017). Primera Brigada continúa apoyando la siembra de árboles en Boyacá. Recuperado de <http://www.boyacaradio.com/noticia.php?id=16170>

Blundo Canto G; Cruz-García GS; Tristán Febres MC; Pareja Cabrejos P; Quintero M. (2016). Prioridades de conservación y desarrollo en las comunidades de Nor Yauyos. Informe para el MRSEH de la cuenca del río Cañete. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 110 p

Cervantes, E., C. Rodríguez, D. Norris and A.K. Varma. (1992). Chapter 22: Relationships between the mycorrhizal and actinorhizal symbioses in non-legumes. pp. 417-432. In: Norris, J.R., D.J. Read and A.K. Varma (Eds.). Methods in Microbiology. Volume 24. Academic Press, London. 450 p.

Contexto ganadero. (2018). Entregarán 130 mil árboles a ganaderos de Boyacá y Santander. Recuperado de: <http://www.contextoganadero.com/regiones/entregaran-130-mil-arboles-ganaderos-de-boyaca-y-santander>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. (2006) Áreas protegidas del territorio CAR. Recuperado de

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. Anexo 6 Paisajismo. Recuperado de [file:///C:/Users/sario/Downloads/Anexo%206%20-%20Componente%20Urbano%20Paisajistico%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/sario/Downloads/Anexo%206%20-%20Componente%20Urbano%20Paisajistico%20(2).pdf)

Corpoboyacá. (2017). Descripción de las especies vegetales producidas en los viveros de la corporación autónoma regional de Boyacá- Corpoboyacá. Recuperado de: http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO_I_DESCRIPCION_DE_LAS_ESPECIES_V

Corpoboyacá. (2017). Descripción de las especies vegetales producidas en los viveros de la corporación autónoma regional de Boyacá- Corpoboyacá. Recuperado de http://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO_I_DESCRIPCION_DE_LAS_ESPECIES_VEGETALES_PRODUCIDAS_EN_LOS_VIVEROS_DE_LA_CORPORACION_AUTONOMA_REGIONAL_DE_BOYACA-CORPOBOYACA.pdf

Dommergues, Y.R. (1997). Contribution of actinorhizal plants to tropical soil productivity and rehabilitation. *Soil Biology and Biochemistry* 29(5-6): 931-941.

Ecuador forestal. Ficha técnica No 1. El aliso. Recuperado de <http://ecuadorforestal.org/download/contenido/aliso.pdf>

Eudomos. (2011). Recuperación de Suelos Degradados mediante Árboles Fijadores de Nitrógeno. Recuperado de <http://eudomus.com/recuperacion-suelos-degradados-arboles-fijadores-nitrogeno/>

Franco, A. Reforestación y aislamiento de predios de importancia hídrica del municipio de Subachoque. Recuperado de file:///C:/Users/sario/Downloads/DA_PROCESO_11-1-65682_225769011_2434791.pdf

Ferrari, A., Wall, L. (2004). Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 105 (2). P. 63-87. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/15679>

[Fotografía de Laura Morales]. (Boyacá, 2018). Archivos fotográficos Árboles fijadores de Nitrógeno. Sogamoso, Boyacá.

Galeano, P., Rada, A., Morales, D. (2012). SIEMBRA FORESTAL Recuperación paisajística y Revegetalización en Agregados El Vínculo Ltda. Soacha –Cundinamarca. Ingenio Libre. Recuperado de <http://www.unilibre.edu.co/revistaingeniolibre/revista-11/art9.pdf>

Garces, E. Orozco, M., Correa, M., Cogua, J. Informe preliminar sobre aspectos de la biología del aliso (*alnus acuminata* h.b.k.) (1). Recuperado de <file:///C:/Users/sario/Downloads/20879-70607-1-PB.pdf>

Gobernación de Boyacá (2015) Advierten grave incremento en degradación de suelos por erosión en Boyacá. Recuperado de <http://www.sogamoso.com/advierten-grave-incremento-en-degradacion-de-suelos-por-erosion-en-boyaca/>

González, P. (2014) Historia Ambiental de Sogamoso Siglo XX (tesis de postgrado). Universidad de Manizales. Recuperado de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1922/Gonz%C3%A1lez_Celis_Paulo_Alberto_2014.pdf.pdf?sequence=1

Insuasty, E. Aparez , J. Navia,F. (2011). Efecto del arreglo silvopastoril aliso (*AlnusAcuminata* K.) y kikuyo (*PennisetumClandestinum*H.) sobre el comportamiento productivo en novillas Holstein en el altiplano del departamento de Nariño. Agroforesteria Neotropical. Recuperado de [file:///C:/Users/sario/Downloads/13-13-1-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/sario/Downloads/13-13-1-PB%20(2).pdf)

Jojoa, A. Insuasty, X. (2014). Evaluación inicial de propiedades físicas del suelo en el arreglo agroforestal Aliso (*Alnus jorullensis* H.B.K.) –papa (*Solanum tuberosum* L.). Universida de Nariño. Recuperado de <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90240.pdf>

Krishnamurthy, L. Rente, J. (1998) Áreas verdes urbanas en latinoamerica y el caribe.

Recuperado de http://www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas_verdes_LatAmerica.pdf

León, R. (2003). Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas degradadas: revisión bibliográfica y nuevas experiencias.

Madera y Bosques 9(1). P. 3-25. Recuperado de

<http://www.redalyc.org/pdf/617/61790101.pdf>

Luengas, D. Navarrete, Y. (2010). Propuesta para la formulación de un plan mitigación de Impactos ambientales que contrarresten los conflictos de uso del Suelo en el municipio de Cajicá.

Recuperado de

<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/3766/2/LenguasBecerraDoraInes2010.pdf>

Medina, M. Velásquez, J. Pinzón, L. (2011). Aliso en Simbiosis Dual con Frankia y Endomicorrizas y Respuesta a Boro en un Andisol. Revista Facultal nacional de

Agronomía. Medellín, 65(1) p. 6467-6476. Recuperado de

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/30774/38187>

Murcia, C. Guariguata, M. (2014). La restauración ecológica en Colombia.

Recuperado de http://www.cifor.org/publications/pdf_files/occpapers/OP-107.pdf

Muriel, L. Umaña, J. (2006). Evaluación de la adaptación, comportamiento y efecto en la pradera de la acacia negra (*Acacia decurrens*), de la acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), y del aliso (*Alnus acuminata*), como cerca viva en un sistema de producción de ganado de leche en el trópico alto colombiano. Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia.

Recuperado

de

<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6666/00797723.pdf?sequence=1>

Murgueitio, E. Sistemas Silvopastoriles en el Trópico de América. Recuperado de

http://elti.fesprojects.net/2011Corridors1Colombia/sistemas_silvopastoriles_en_america_latina_emr.pdf

Ospina, C., Hernández., Gómez., Godoy, J., Aristizabal, F., Patiño, J., Medina. (2005). El Aliso o cerezo. Recuperado de

<https://www.cenicafe.org/es/publications/aliso.pdf>

Medina, M., H. Orozco y C. Díez. (2008). Establecimiento de un sistema silvopastoril mediante las especies *Alnus acuminata* H.B.K. y *Acacia decurrens* Willd y respuesta al empleo de organismos rizosféricos en San Pedro (Antioquia). Livestock

Research for Rural Development. 20(1). Article No.7. Retrieved December 16, 2010, from <http://www.lrrd.org/lrrd2020/2011/medi20007.htm>.

Molina, M., M. Medina y L. Mahecha. (2008). Microorganismos y micronutrientes en el crecimiento y desarrollo del Aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) en un sistema silvopastoril alto andino. Livestock Research for Rural Development 20(4). Article No.54. Retrieved December 16, 2010, from <http://www.lrrd.org/lrrd2020/2014/moli20054.htm>.

Proyecto Desarrollo Forestal Campesino en los Andes del Ecuador. (1998). Plantaciones agroforestales. Recuperado de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/004583/info/pdf/plantac_agr.pdf

Reynel, C. y J. León (1990). Árboles y arbustos Andinos para agroforestería y conservación de suelos. Lima, Proyecto FAO/Holanda/INFOR. Lima, Perú. 508 pp. (2 Vols.)

Reynel, C. Marcelo, J. (2009) Árboles de los ecosistemas forestales andinos. Manual de identificación de especies. Serie investigación y sistematización No. 9. Recuperado de <http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/02190ca87f921d9feb250ae672ae6653.pdf>

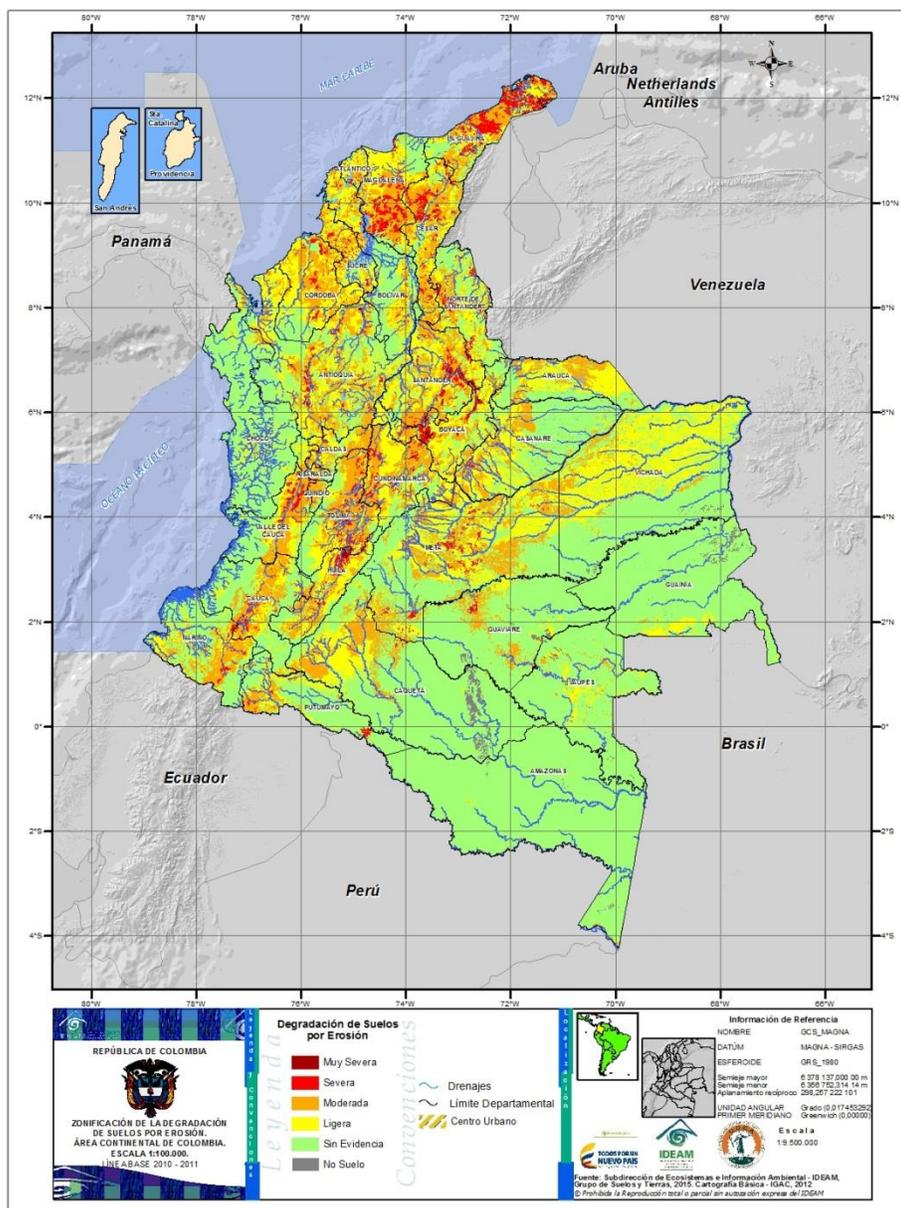
Rivera, J. Sinisterra, J. (2016) Restauración Social de Suelos Degradados por Erosión Remociones Masales en Laderas Andinas del Valle del Cauca Colombia con la utilización de obras de Bioingeniería. Recuperado de http://www.oocities.org/biotropico_andino/cap7.pdf

Roy, S., D.P. Khasa and C.W. Greer. (2007). Combining alders, frankiae and mycorrhizae for the revegetation and remediation of contaminated ecosystems. *Canadian Journal of Botany* 85(3): 237-251.

Russo, R.O., J.C. Gordon and G.P. Berlyn. (1993). Evaluation alder-endophyte (*Alnus acuminata*-*Frankia*-mycorrhizae) interactions: growth response of *Alnus acuminata* seedlings to inoculation with *Frankia* strain ArI3 and *Glomus intraradices*, under three phosphorus levels. *Journal of Sustainable Forestry* 1(1): 93-110.

Sistema de información ambiental en Colombia (SIAC) (2015). Degradación de suelos. Recuperado de <http://www.siac.gov.co/erosion>

Anexos 3. Mapa del área de degradación por erosión en Colombia.



Fuente. <http://www.siac.gov.co/erosion>.