

**EVALUACIÓN INICIAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ZONAS DE  
DISTURBIO ALTO ANDINA**

**CLAUDIA CALVACHE PANTOJA**

**JAVIER GÓMEZ GARCÍA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS**

**INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**PASTO-COLOMBIA**

**2016**

**EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL COMPLEJO DE  
PARAMO COCHA PATASCOY**

**CLAUDIA CALVACHE PANTOJA**

**JAVIER GÓMEZ GARCÍA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero  
Agroforestal**

**Presidente: M.Sc. PEDRO PABLO BACCA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS  
INGENIERÍA AGROFORESTAL  
PASTO-COLOMBIA**

**2016**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor”.

Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente de tesis**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**San Juan de Pasto, Agosto de 2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos principalmente a Dios, a nuestras familias quienes nos apoyaron para cumplir este logro, a nuestro director de trabajo de grado y guía en nuestro desarrollo profesional Pedro Pablo Bacca.

A la granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño por brindarnos el espacio para realizar esta investigación. A las pasantes por su colaboración en la etapa inicial de esta investigación.

A Arsenio Hidalgo, por su apoyo en el análisis estadístico y a Héctor Ordoñez por ser nuestro jurado y brindarnos su asesoría.

Y aquellos que aunque no participaron directamente siempre estuvieron ahí.

# **EVALUACIÓN INICIAL DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN ZONAS DE DISTURBIO ALTO ANDINA**

## **INITIAL EVALUATION OF ECOLOGICAL RESTORATION IN ZONES OF DISTURBANCE HIGH ANDEAN**

Claudia Calvache P.<sup>1</sup>, Javier Gómez G.<sup>1</sup>

### **RESUMEN**

Con el fin de contribuir a acelerar los procesos de restablecimiento de áreas degradadas y recuperar la productividad y/o los servicios del ecosistema en la zona alto andina, ésta investigación busca cumplir el objetivo de evaluar la fase inicial de la restauración ecológica en zonas de disturbio, en la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño.

Para esto, se hicieron recorridos de campo se encontraron sitios accesibles y de interés para la restauración; Por lo cual, se seleccionó el uso de suelo pecuario, agrícola y bosque, en los que se estableció un diseño en bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas con dos repeticiones. En cada parcela demostrativa se establecieron 4 núcleos de 100 plántulas cada uno, para el caso de bosque se aisló por medio de cuerda de polietileno para delimitar el área de evaluación.

La selección de las especies a evaluar en los núcleos de cada uso de suelo, se llevó a cabo en el bosque de la granja experimental botana, a través de un inventario forestal donde se censo altura y diámetro para determinar el peso ecológico de las plántulas mediante el índice de valor de importancia (IVI).

---

<sup>1</sup> Estudiantes de Ingeniería Agroforestal, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia

En los núcleos de los usos de suelo se evaluó la supervivencia, el cual reveló que no existen diferencias estadísticamente significativas; y la tasa de crecimiento relativa (TCR), donde, para la mayoría de los periodos de evaluación se evidenciaron diferencias altamente significativas.

**Palabras claves:** Restauración ecológica, Usos de suelo, Supervivencia, Crecimiento.

### **ABSTRACT**

In order to help to accelerate the processes of reestablishment of degraded areas and to recover the productivity and / or the services of the ecosystem in the zone high Andean, this one investigation seeks to fulfill the aim to evaluate the initial phase of the ecological restoration in zones of disturbance, in the experimental farm Botana of Nariño's University.

For this, was in use, where, across field tours they found accessible sites and of interest for the restoration; For which, there was selected the using soil of livestock, Agricultural and Forest, in that a design was established in complete blocks at random by arrangement in plots divided with two repetitions. In every demonstrative plot 4 cores of 100 were established plántulas each one, for the case of forest it isolated by means of rope of polyethylene to delimit the area of evaluation.

The selection of the species to evaluating in the cores of every use of soil, carried out in the forest of the experimental farm botana, across a forest inventory where I register height and diameter to determine the ecological weight of the plántulas by means of the index of value of importance (IVI).

In the cores of the uses of soil there evaluated the survival, who I reveal that statistically significant differences do not exist; and the relative rate of growth (TCR), where, for the majority of the periods of evaluation highly significant differences were demonstrated.

**Key words:** Ecological Restoration, Land use, Survival, Growth.

## **TABLA DE CONTENIDO**

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Caracterización de flora vascular	12
Propagación y manejo de especies	12
Diseño experimental	13
Implementación de parcelas demostrativas de restauración ecológica	13
Análisis de la información	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
Flora vascular	16
Implementación de parcelas demostrativas de restauración ecológica	17
Supervivencia	18
Crecimiento	20
CONCLUSIONES	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

## TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Especies priorizadas. ....	16
<b>Tabla 2.</b> Comparación de grupos. ....	18
<b>Tabla 3.</b> ANOVA para TCRA por uso de suelo . ....	20
<b>Tabla 4.</b> ANOVA para TCRC por uso de suelo . ....	23

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Parcelas estandarizadas .....	12
<b>Figura 2.</b> Parcelas demostrativas. ....	14
<b>Figura 3.</b> Supervivencia de comparación de grupos para las plántulas de tres usos de suelo. 19	
<b>Figura 4.</b> Tasa de crecimiento relativo para altura .....	21
<b>Figura 4.</b> Tasa de crecimiento relativo para cobertura .....	24

## INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es una disciplina relativamente reciente cuyo objetivo principal es proveer las bases científicas para el manejo y reparación de ecosistemas. La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica la define como el proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. Muchos ecosistemas en todo el mundo han sido destruidos y por consiguiente han perdido su composición original de especies, su estructura y función y en consecuencia ya no prestan ningún tipo de servicio ecosistémico. En estos ecosistemas se pueden emprender acciones de recuperación, como la cobertura vegetal para el control de la erosión y manejo de inundaciones, fijación de CO<sub>2</sub>, mejoramiento y recuperación de sistemas agrícolas y ganaderos para hacerlos sostenibles e integrados al paisaje (Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica - SER, 2006; citado por Vargas y Reyes, 2011).

Existe una fuerte presión para el cambio de cobertura y uso de la tierra en el planeta. En el año 2000 más de un tercio de la superficie terrestre libre de hielo estaba cubierta por cultivos y pasturas (Ramankutty *et al.*, 2008).

Daily (1995) estimó que 39% de la superficie de las tierras libres de hielo estaban degradadas, y las predicciones más conservadoras estiman que esta superficie podría alcanzar el 61% de la superficie en el año 2020. Por otra parte, la restauración ecológica en términos de reforestación y restauración de tierras agrícolas degradadas, constituye una respuesta importante ante el cambio climático debido a que estas actividades contribuyen al balance de carbono en una forma positiva.

En Colombia para finales del siglo XX, el 45 % de los ecosistemas naturales terrestres habían sido transformados por la ganadería y la agricultura (Etter *et al.*, 2006). A pesar de una recuperación de la cobertura boscosa del 2 % en la primera década del siglo XXI (Sánchez *et al.*, 2012), la pérdida neta de ecosistemas naturales sigue siendo una amenaza para el país, unido al cambio climático global y al desarrollo mal planificado (Murcia *et al.*, 2013).

Esta amenaza es más grande en la zona Andina (bosque húmedo y muy húmedo) y en la zona Caribe (bosque seco), porque tienen la mayor tasa de deforestación y la mayor probabilidad de conversión de bosques a sistemas productivos (Etter *et al.*, 2006). La amenaza sobre la zona Andina es múltiple, ya que concentran los mayores niveles de diversidad y endemismo de especies, las fuentes de agua del país y las tres cuartas partes de la población (Murcia *et al.*, 2013).

En el contexto regional, el departamento de Nariño no es ajeno a esta situación, es así como la expansión de la colonización, el desarrollo de la infraestructura, los sistemas de producción agropecuaria en zonas de pendiente, los procesos erosivos desestabilizadores del suelo y la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria, han ocasionado la pérdida de cobertura vegetal quedando solo algunos relictos de bosque nativo (IGAC, 2004).

Es por eso que esta investigación va dirigida a la evaluación inicial de la restauración ecológica en zonas de disturbios Alto Andina con el fin de mejorar la calidad integral de los ecosistemas y su expresión como paisaje (Cano, 2006).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Esta investigación se desarrolló en diferentes usos de suelo y el bosque aledaño de la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño, la cual tiene un área de 1.380.000 m<sup>2</sup>. Se localiza en la vereda Botana, corregimiento de Catambuco en el municipio de Pasto, departamento de Nariño, Colombia.

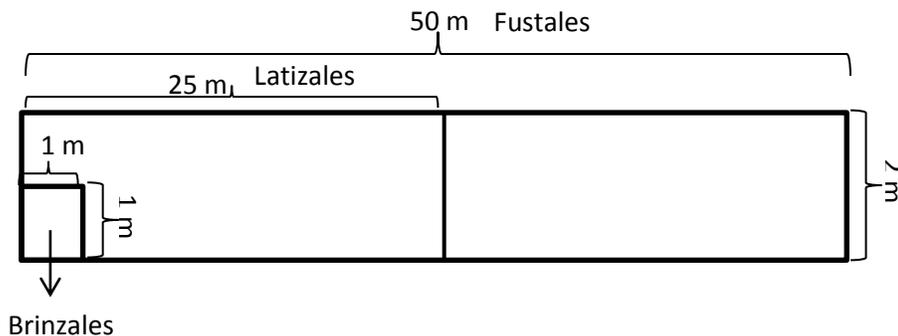
La Granja Experimental Botana, presenta las coordenadas geográficas 1°09'12" N y 77°18'31" W, una altura de 2820 msnm, con promedio de temperatura anual de 13°C, precipitación media anual de 1031 mm/año, humedad relativa anual de 77%. Bosque seco montano bajo (bs-MB), según la clasificación de Holdrige y suelo Vitric haplustand.

## Caracterización la flora vascular

La metodología se realizó por medio de parcelas estandarizadas que permiten obtener información sobre las características cualitativas y cuantitativas (estructura, composición y riqueza) de la vegetación del bosque aledaño a la zona de estudio, sin necesidad de estudiarla o recorrerla en su totalidad. (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2004).

El inventario de plantas leñosas se realizó de acuerdo con el método propuesto por Gentry (1982), el cual consiste censar en un área todas los individuos cuyo tallo tenga un diámetro de 2,5 cm a la altura del pecho (DAP medido a 1.3 m desde la superficie del suelo).

Para esto se establecieron 5 parcelas de 50x2 m para el estrato fustales, dentro se ubican sub-parcelas de 25x2 para latizales y por último sub-subparcelas de 1x1 en la cual se realizó el registro florístico de brinsales (Figura 1).



**Figura 1:** Parcelas estandarizadas

Se extrajeron colecciones botánicas de las especies encontradas en cada una de las parcelas. Las especies colectadas y previamente prensadas se sometieron al proceso de secado e identificación científica en el herbario PSO de la Universidad de Nariño.

## Propagación y manejo de especies.

Las especies para esta investigación se seleccionaron teniendo en cuenta el IVI (Mostacedo y Fredericksen, 2000), debido a que este índice incorpora parámetros ecológicos como la

frecuencia, densidad y dominancia relativa de cada especie, que dan cuenta de la relevancia que tienen en la estructura de la comunidad, y también se consideró la disponibilidad del material vegetal.

Para la recolección de las especies nativas se consideró que la altura éste entre 20cm y 50cm, además debía estar totalmente enraizada para depositarlas en bolsas negras de media libra. Esta labor se llevó acabo con la ayuda de personal de la localidad previamente capacitado y se obtuvieron 2000 plántulas.

Posteriormente se llevaron al vivero de la granja de Botana durante dos meses para aclimatación y asegurar que el material recolectado presentara las características de vigorosidad necesarias para ser establecidas en las parcelas.

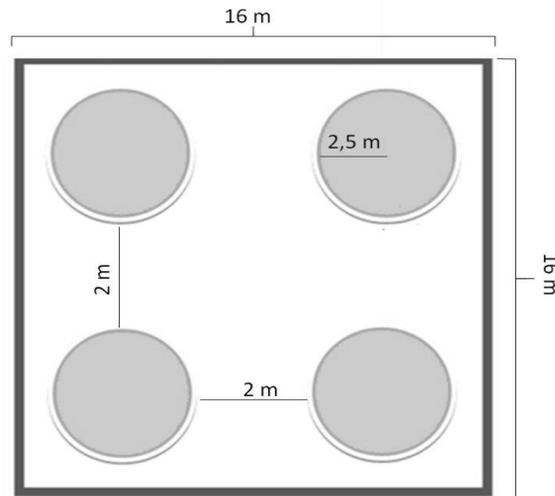
### **Diseño experimental.**

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con arreglo en parcelas divididas con dos repeticiones, en cada parcela se ubicó cuatro núcleos con una densidad de siembra de cien plántulas.

### **Implementación parcelas demostrativas de restauración ecológica**

La selección de los sitios para la implementación de las parcelas demostrativas en la granja experimental Botana, se llevó a cabo mediante la metodología propuesta por Cardona *et al.* (2007), la cual consiste en realizar recorridos de campos y buscar sitios accesibles y de interés para la restauración, posteriormente se definió los sitios de disturbios y se evaluó los gradientes topográficos naturales y patrones de drenaje.

Antes de llevar las plantas a campo se realizó la delimitación de las parcelas correspondientes a pecuario y agrícola, las cuales, se aislaron con tela verde de 1,60 m de alto para controlar la velocidad del viento y evitar el ingreso de animales a pastorear, posteriormente en las parcelas demostrativas de cada uso de suelo se establecieron 4 núcleos con un radio de 2,5 m (Figura 2.).



**Figura 2:** Parcelas demostrativas

Fuente: Bacca, 2013.

La distancia de siembra de las plántulas se estableció teniendo en cuenta los diagrama de perfil, para representar la fisionomía, donde las especies constituyen una comunidad y reflejan el grado de complejidad o heterogeneidad presente en el bosque de la granja experimental Botana.

Para el caso de bosque se aisló por medio de cuerda de polietileno para delimitar el área de evaluación.

### **Análisis de la información**

Probabilidad de supervivencia: Para estimar las curvas de supervivencia, se utilizó el programa Statgraphics Centurion mediante la Comparación de Grupos; el cual es un método no paramétrico, con muy pocas restricciones; lo único que supone es que las plántulas se habrían comportado del mismo modo hasta que se produce el evento (muerte).

Es necesario disponer, al menos, de dos variables:

1. El tiempo de seguimiento, es una variable calculada como la diferencia entre dos fechas, la de ingreso y la de finalización, es cuantitativa y está expresada en días.

2. El estado de las plántulas al final del seguimiento, es una variable donde se asigna la categoría “0” a quienes tuvieron el evento evaluado (muerte) y la categoría “1” a los llamados casos censurados porque no habían tenido el evento final al culminar el estudio.

Tasa de crecimiento relativo: Con los datos de altura y cobertura de las plántulas se calculó la tasa de crecimiento relativo (TCR) en sus dos componentes: la tasa de crecimiento relativo según la altura (TCRA) y la tasa de crecimiento relativo según la copa (TCRC) (Álvarez *et al.*, 2004), absoluto mediante la fórmula (Barrera *et al.*, 2010):

$$TCR = (M_t - M_{t-1}) / (t_2 - t_1)$$

Siendo:

Mt: Longitud final

Mt-1: Longitud inicial;

t: Número de días.

Se utilizó el programa estadístico Statgraphics Centurion, para hacer las gráficas medias y los análisis de varianza (ANOVA Simple) de las medidas repetidas usando los datos de la TCRA y la TCRC registrados en los seis periodos de seguimiento 61, 89, 124, 152, 183 y 224 días, los cuales son similares a los evaluados por Moreno y Cuartas (2014) y también concuerda con Vargas *et al.* (2014), debido que midió, de agosto del 2005 a mayo del 2006 mensualmente la altura de cada planta desde la base del tallo hasta la base de la yema terminal, se realizó el seguimiento de la supervivencia y anotaciones sobre la causa más probable de su muerte, para verificar si existía influencia del tiempo.

En este estudio, fue posible evaluar el efecto del uso de suelo para supervivencia y crecimiento en los núcleos pero no a nivel de especie, debido al limitado material vegetal.

A pesar de las limitaciones estadísticas debidas a la falta de replicación de las especies, la cual impone una restricción para la aplicación de la estadística inferencial (Hurlbert, 1984), la interpretación ecológica de los datos es factible (Morgan y Lunt, 1999) como

aproximación valiosa para el entendimiento del comportamiento del crecimiento y la sobrevivencia en las condiciones evaluadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Flora vascular

En el inventario se censaron un total de 374 individuos que reportaron 21 familias con 24 especies, de las cuales según el IVI fueron seleccionadas 20 especies, a las que se aplicaron atributos vitales de potencial utilidad para la restauración ecológica (Romero, 2005) donde la principal factor de selección fue la disponibilidad de las especies en campo, por tal motivo se seleccionaron 15 de ellas para la aplicación de las técnicas a evaluar (Tabla 1).

**Tabla 1.** Especies priorizadas.

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMUN	COD.
Araliaceae	<i>Oreopanax floribundus</i> (Kunth) Decne. y Planch.	Mano de oso	1
Melastomataceae	<i>Miconia ochracea</i> Tr.	Amarillo	2
Myricaceae	<i>Myrica pubescens</i> Humb. y Bonpl. ex Willd.	Laurel	3
Rosáceas	<i>Rubus floribundus</i> Kunth.	mora silvestre	4
Myrsinaceae	<i>Myrsine coriácea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. y Schult.	Cucharo	5
Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Pelotillo	6
Ericaceae	<i>Pernettya aff. Prostrata</i> (Cav.) Sleumer.	Moridera	7
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Aliso	8
Cyatheaceae	<i>Cyathea sp.</i> Sm.	helecho Macho	9
Actinidiaceae	<i>Saurauia pruinosa</i> R.E. Schult.	Moquillo	10
Rosaceae	<i>Prunus serótina</i> Ehrh.	Capuli	11
Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum sp.</i> Schott ex J. Sm.	Lengua de suegra	12
Melastomataceae	<i>Tibouchina lepidota</i> Cogn.	siete cueros	13
Cyperaceae	<i>Uncinia tenuis</i> Poepp. ex Kunth	Cortadera	14
Myricaceae	<i>Morella parvifolia</i> Benth.	Laurel de cera	15

La evaluación de la estructura florística de la región posibilitó la identificación de especies clave en el proceso de restauración como componentes fundamentales del ecosistema de referencia (Moreno y Cuartas, 2014). En toda práctica de restauración ecológica la identificación de especies es uno de los puntos de partida crucial para el éxito de ésta, puesto que una elección equivocada de especies en tanto a sus requerimientos ambientales y su hábitat natural puede hacer que los esfuerzos sean insuficientes (Whisenant, 2010).

Lo cual es similar al inventario realizado por Garzon y Sanclemente (2001), en el cual encontraron 13 familias, correspondientes a 33 especies donde las más importantes fueron *Palicourea amethystina*, *Viburnum triphyllum*, *Cleome arborea*, *Myrsine coriacea*, *Miconia nodosa*, *Miconia ochracea*.

### **Implementación parcelas demostrativas de restauración ecológica**

Mediante los recorridos en la granja experimental botana se evidencia dos usos de suelo, agrícola y pecuario, estos ecosistemas están experimentando un acelerado proceso de disturbio y fragmentación debido a su uso, la disminución de los períodos de descanso de la tierra después del cultivo y el aumento del sobrepastoreo, que conducen a una degradación de sus condiciones originales. Para ésta investigación se seleccionó el bosque como uso de suelo testigo.

En cada usos de suelo se establecieron dos parcelas de 16 m<sup>2</sup>; para delimitar se utilizó guaduas ubicadas cada 4 m por todo el perímetro, también se restringió la entrada de animales y viento por medio de tela verde.

Para la recolección de plántulas sembradas en las parcelas y su implementación se contó con la participación de la población vecina y estudiantes de la universidad de Nariño. Con una recolección total de aproximadamente 2000 plántulas de especies nativas, extraídas del bosque aledaño a la granja experimental Botana.

## Supervivencia

Los resultados presentados en este estudio se basan en la etapa inicial del establecimiento de las plántulas, en el cual, la probabilidad de supervivencia global obtenida al finalizar el periodo de seguimiento (224 días) fue de 95%, con 228 plántulas vivas de las 240 evaluadas. Al respecto, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015) ha estimado que el porcentaje de material vegetal muerto es del 10% para el primer y segundo.

En el uso del suelo agrícola y pecuario se obtuvo una probabilidad de supervivencia global de 96% y en el uso de suelo bosques, la probabilidad de supervivencia global fue 92% (Tabla. 2). Los datos obtenidos en ese estudio, concuerdan con los de khumbongmayum *et al.* (2005) que señalan mayor supervivencia en parches de vegetación secundaria que bajo sombra de vegetación conservada, por otro lado, Rickera *et al.* (2000), mencionan que las especies varían en sus requerimientos de luz, lo que para algunas puede ser excesivo para otras puede ser la cantidad necesaria

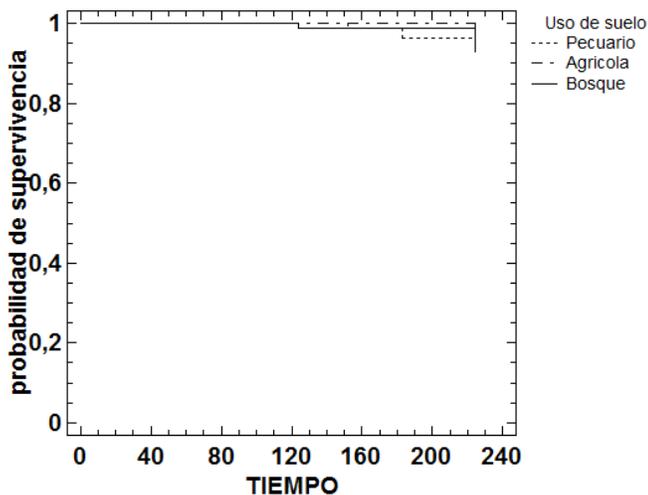
**Tabla 2.** Comparación de grupos

Uso de suelo	Total	Muertas	Supervivientes	Supervivientes (%)
Pecuario	80	3	77	96,25
Agrícola	80	3	77	96,25
Bosque	80	6	74	92,50
Total	240	12	228	95,00

La mayor supervivencia de plántulas encontrada en los usos de suelo agrícola y pecuario, se pudo deber principalmente a que las plántulas no sufrieron daños por caída de ramas, frutos y hojas secas que es la primera causa de mortalidad de plántulas en los bosques (Clark y Clark, 1984; Vázquez y Orozco, 1992; Martínez, 1994; Martínez y Álvarez, 1995 citados por Pérez *et al.* 2011), además, es un sitio más abierto que presenta luz directa, condición que probablemente les confirió mayor tasa fotosintética y, por consecuencia, mayor probabilidad de supervivencia (Martínez y Álvarez, 1995; Marañón *et al.*, 2004)

Al observar la similar probabilidad de supervivencia para los usos de suelo, se aplicó la prueba de Logrankeo, la cual arrojó un valor-p igual a 0,469173, con el cual se rectificó que no se presenta diferencias significativas; información que concuerda con la obtenida por Vargas *et al.* (2014) donde sugiere que el efecto de los parches de vegetación colonizadora varían de acuerdo a la especie a la cual pertenece la planta y sus características de la forma de vida.

Aun así, la mortalidad ocurrió principalmente entre los 183 y 224 días de evaluación (Figura 2.) probablemente debido al estrés por la sequía y altas temperaturas en el día.



**Figura 3:** Supervivencia de comparación de grupos para las plántulas de tres usos de suelo

A si mismo Valladares (2004), menciona que una planta puede tener un crecimiento rápido debido a una ventaja ecológica que sería un mayor tamaño (biomasa) en menos tiempo, que le permite a su vez captar más recursos (luz, agua y nutrientes) y en definitiva le confiere una mayor capacidad competitiva. Pero lo que supone una ventaja en condiciones ambientales favorables donde la competencia es un proceso determinante de la

supervivencia, puede no serlo en condiciones adversas como de sequía, altas o bajas temperaturas donde lo importante es tener capacidad de tolerancia al estrés.

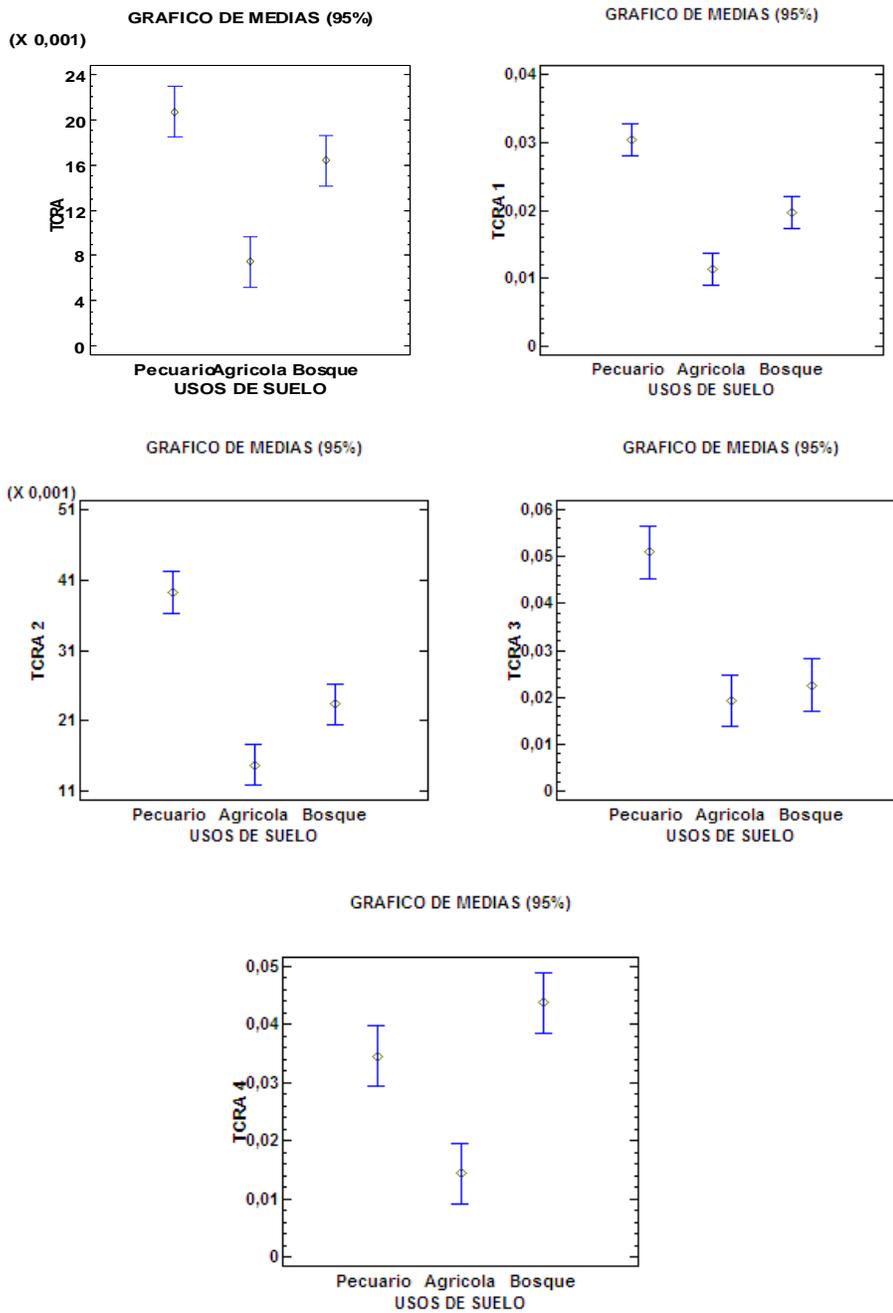
### Crecimiento

**Tasa de crecimiento en altura.** Se aplicó la prueba de Fisher, donde, el periodo comprendido entre los 61 – 183 días arrojó un valor F igual a 33,83 siendo superior a los demás periodos de evaluación, lo cual, evidencia una mayor variación tanto dentro del uso de suelo como en comparación con los demás usos (tabla 3). También se puede juzgar por el valor de P dado que en todo los periodos de evaluación  $p=0,0000$ ; mostrando que existe una diferencia altamente significativa al nivel de significancia del 5%.

**Tabla 3.** ANOVA para TCRA por uso de suelo

<b>Tiempo (días)</b>		<b>Uso de suelo</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
61 - 89	TCRA	Entre uso de suelos	0,0171321	15,97	0,0000
		Intra uso de suelos	0,0010731		
61 - 124	TCRA_1	Entre uso de suelos	0,00728299	30,46	0,0000
		Intra uso de suelos	0,000239118		
61 - 152	TCRA_2	Entre uso de suelos	0,0036572	17,92	0,0000
		Intra uso de suelos	0,000204103		
61 - 183	TCRA_3	Entre uso de suelos	0,0120705	33,83	0,0000
		Intra uso de suelos	0,000356778		
61 - 224	TCRA_4	Entre uso de suelos	0,0234241	19,06	0,0000
		Intra uso de suelos	0,001229		

Para determinar qué media es significativamente diferente a otra, se empleó graficas de medias, donde se evidencio que ningún intervalo de uso de suelo para TCRA se traslapa, indicando una diferencia estadísticamente significativa entre las medias al nivel de confianza del 95% (Figura 3).



**Figura 4.** Tasa de crecimiento relativo para altura

También, fue posible evidenciar que los tres usos de suelo obtuvieron valores del TCRA y TCRC negativos o muy cercanos a cero, lo cual, obedece principalmente a la pérdida

constante de las yemas apicales y hojas tanto en su eje principal como en sus ramificaciones.

Según Vargas *et al.* (2014), el crecimiento de las plantas en los primeros años de vida parece estar mejor representado por la producción de ramas que por la longitud del tallo principal, así las TCR obtenidas no estarían representando realmente la posible respuesta de la planta al ambiente en términos de crecimiento.

Además de la influencia de disponibilidad de luz, Ochoa y Barrera (2007) afirman que los resultados de diferencias en crecimiento de las especies en altura corresponden al tipo de vegetación y su respuesta a la adición de diferentes proporciones de biosólido. Es decir, que no hay un patrón único de crecimiento, sino que cada especie responde de forma diferente a cada tratamiento. También se puede apreciar una relación estrecha entre cobertura y altura, es decir una especie que se desarrolla mejor en un tratamiento presenta un mayor crecimiento vertical y horizontal.

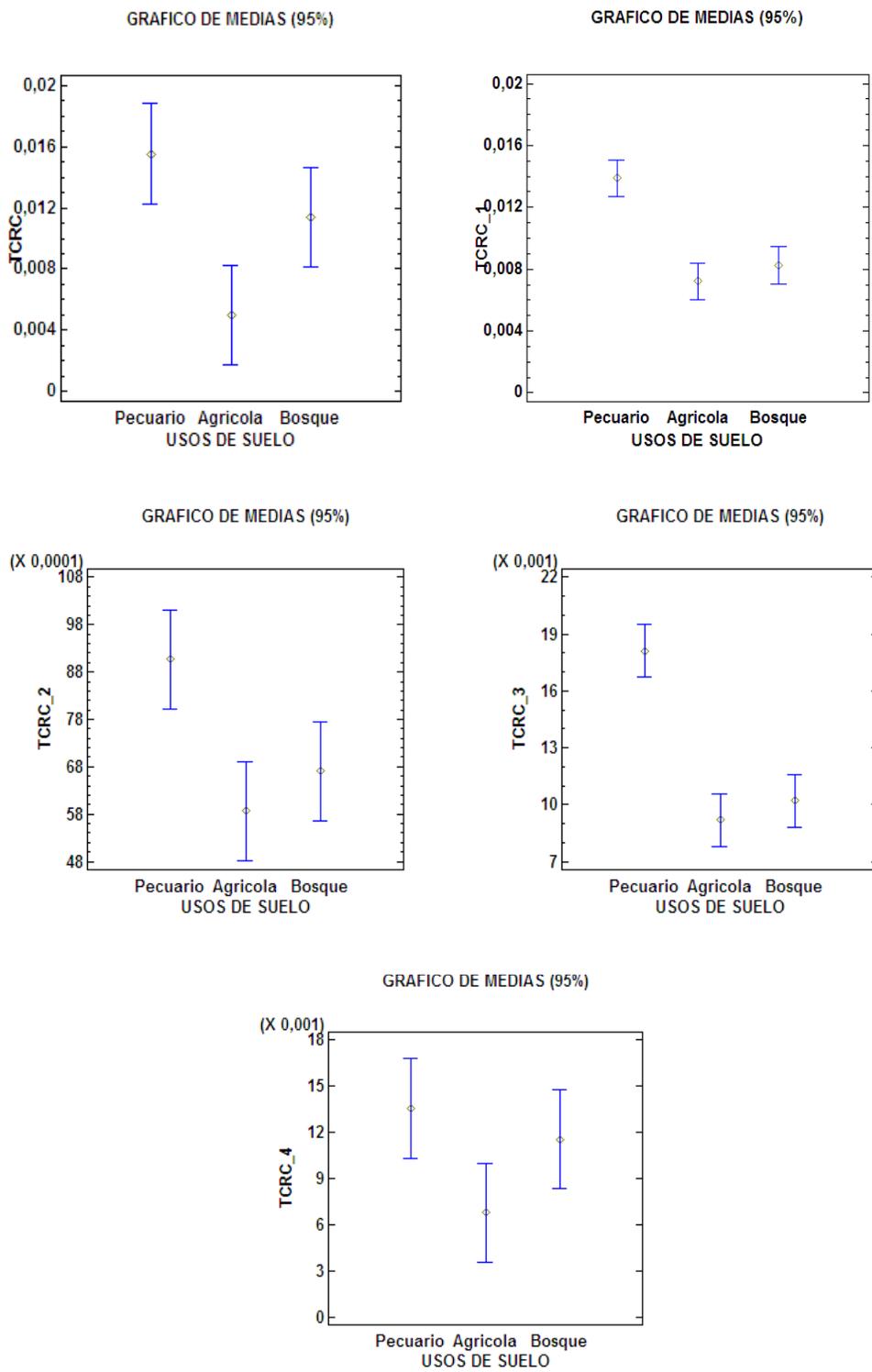
**Tasa de crecimiento en copa.** Mediante la prueba de Fisher se evidencia que al igual que la TCRA, la TCRC presenta mayor variación entre los 61 y 183 días y al analizar el valor P se observa que existen diferencias a lo largo del periodo entre los 61 y 89 días ( $p=0,0063$ ), 61 y 124 días ( $p=0,0000$ ), 61 y 152 días ( $p=0,0083$ ) y entre los 61 y 183 días ( $p=0,0000$ ), pero la tasa de crecimiento en copa entre los días 61 y 224 no presentó diferencias ( $p=0,1042$ ) siendo este también el periodo de menor valor F (2,28) (Tabla 4).

**Tabla 4.** ANOVA para TCRC por uso de suelo

<b>Tiempo (días)</b>		<b>Uso de suelo</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
61 - 89	TCRC	Entre usos del suelo	0,00220035	5,18	0,0063
		Intra usos del suelo	0,000424547		
61 - 124	TCRC_1	Entre usos del suelo	0,00102638	17,79	0,0000
		Intra usos del suelo	5,76884E-05		
61 - 152	TCRC_2	Entre usos del suelo	0,000219736	4,89	0,0083
		Intra usos del suelo	4,49587E-05		
61 - 183	TCRC_3	Entre usos del suelo	0,00189127	23,98	0,0000
		Intra usos del suelo	7,88769E-05		
61 - 224	TCRC_4	Entre usos del suelo	0,000959085	2,28	0,1042
		Intra usos del suelo	0,000419992		

Mediante las gráficas de medias para TCRC, se evidencio que la media de crecimiento en cobertura para pecuario fue mayor que los otros usos de suelo, a excepción del periodo entre los 61 y 224 días (Figura 4).

Además, se evidencian que el uso de suelo pecuario presenta mayor TCRA en cuatro (61 – 89, 61 – 124, 61 – 152, 61 – 183 días) de las cinco mediciones; al respecto, la mayoría de los estudios de establecimiento de árboles en pastizales señalan que la competencia de los pastos afecta negativamente el crecimiento de las plantas de especies arbóreas (Holl *et al.*, 2000; Zimmerman *et al.*, 2000; Hooper *et al.*, 2005). La interacción biótica entre la cobertura de pastos y las plantas forestales puede darse a través de la interferencia lumínica y/o la competencia por recursos a nivel de las raíces (Davis *et al.*, 1998; Huante *et al.*, 1998). En esta investigación se realizó ploteo a las especies, donde según Román *et al.* (2007), el efecto simple del deshierbe beneficiadas las heliófilas.



**Figura 5.** Tasas de crecimiento relativo de cobertura.

El crecimiento y supervivencia de las especies entre los 61 y 224 días, probablemente se vio afectado por las condiciones climáticas, dado que la ocurrencia de heladas durante la época seca puede arrasarse con la biomasa epigea en pie de los individuos. Aunque muchas de las especies evaluadas tienen la capacidad de regenerarse vegetativamente después del disturbio, la ausencia de un microambiente favorable, hace muy efímeros los retoños (Vargas, 2007).

A lo mencionado, un estudio citado por Valladares (2004), en el cual se evalúa el crecimiento de plántulas de 24 especies leñosas cultivadas en invernadero, bajo condiciones favorables y cercanas al óptimo, se observó que estas especies diferían fuertemente en los valores TCR, debido a las diferencias morfológicas entre las especies (influencia del 81%) y en menor medida a las diferencias fisiológicas (influencia del 36%).

Para resolver esta aparente contradicción, se ha propuesto (Shipley, 2002) que la importancia de la fisiología sobre TCR puede efectivamente ser muy alta si las condiciones de radiación son intensas. Se ha subestimado su papel porque en trabajos previos, la mayoría de los experimentos de crecimiento se han realizado en cámaras de cultivo, donde la iluminación suele ser baja. Cuando la intensidad de radiación es baja, la inversión en enzimas fotosintéticas no se maximiza (Lambers *et al.*, 2008) y las diferencias intrínsecas entre especies, respecto a su capacidad fotosintética, no se expresan. Por tanto, en estas condiciones de baja iluminación cobran mayor importancia relativa la morfología y la arquitectura de la copa, al derivarse el nitrógeno foliar hacia la captura de fotones (Evans *et al.*, 1988).

Aun así queda definir más claramente el papel de la tasa fotosintética sobre el crecimiento de las plantas y hasta qué punto existe un componente genético en la tasa fotosintética que está en general fuertemente determinada por el ambiente lumínico y la disponibilidad de nutrientes. (Valladares, 2004)

## CONCLUSIONES

Ésta investigación se llevó a cabo mediante la recolección de especies del bosque aledaño a la granja experimental Botana, con participación de comunidad que posee conocimiento sobre la manipulación de éstas, lo cual aseguro un mayor grado de supervivencia de las plántulas en vivero. Sin embargo, no debe ser el único mecanismo de recolección, debe complementarse con la propagación en vivero, empleando técnicas de recolección por semilla, producción vegetativa y producción *in vitro*.

La supervivencia alta de las especies evaluadas de esta investigación, permite usarlas en zonas con condiciones ambientales y tipo de vegetación similar a las probadas.

Con base a los resultados obtenidos se demostró que los usos de suelo evaluados para la restauración presentan diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento para altura y cobertura, siendo más evidente en TCRC.

## BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, A.; LINERA, W. y NEWTON, A. 2004. Experimental native trees seedling establishment for the restoration of a mexican cloud forest. *Restoration Ecology*. Vol. 12. No. 3. 412-418p.

ALVAREZ, C. y LARA, A. 2008. Crecimiento de una plantación joven en fajas con especies nativas en la Cordillera de Los Andes de la provincia de Valdivia. Chile. Vol. 29. No. 3, 181-191p. ISSN 0717-9200.

BACCA, P. 2013. Restauración ecológica de zonas con disturbios agrícolas y pecuarios del bosque alto andino. Colombia. 22p.

BARRERA, J.; SUÁREZ, D.; MELGAREJO, L.; 2010. Análisis de crecimiento en plantas. In: Experimentos en fisiología vegetal. Melgarejo D, editor. Primera edición. Universidad Nacional de Colombia. 25-38p.

CANO, I. y ZAMUDIO, N. 2006. Recuperar lo nuestro. Una experiencia de restauración ecológica con participación comunitaria en predios del embalse de chisacá. En: Vargas y Grupo de Restauración Ecológica (eds). Universidad Nacional de Colombia, Acueducto de Bogotá, Jardín Botánico y Secretaría Distrital de ambiente.

CARDONA, A. RODRÍGUEZ, N. Y FIGUEROA, Y. 2007. La búsqueda y selección de especies claves para restauración, pp. 85-87 Bogotá. VARGAS, O. (ed.). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Colombia. 194p.

CLARK, D. y CLARK, D. 1984. Spacing dynamics of a tropical rain forest tree: evaluation of the Janzen-Connell model. *The American Naturalist* 124:769-788.

COLEY, P. 1988. Effects of plant growth rate and leaf lifetime on the amount and type of anti-herbivore defence. *Oecologia*. Vol. 74. 531–536p.

DAILY, G. 1995. Restoring value to the World's degraded lands. *Science*. 269: 350-354.

DAVIS, M.; WRAGE, A.; KEITH, R. y REICH, R. 1998. Competition between tree seedling and herbaceous vegetation: support for a theory of resource supply and demand. *Restoration ecology*. Vol. 86. 652–661p.

ETTER, A.; MCALPINE, C.; PULLAR, D.; y POSSINGHAM, H. 2006. Modelling the conversion of Colombian lowland ecosystems since 1940: Drivers, patterns and rates. *Journal of Environmental Management*. 79:74-87

ETTER, A.; MCALPINE, C.; WILSON, K.; PHINN, S. y POSSINGHAM, H. 2006. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture Ecosystems & Environment*. Vol. 114. 369- 386p.

EVANS, J.; CAEMMERER, S. y ADAMS III, W. 1988. Ecology of photosynthesis in sun and shade. CSIRO, Melbourne, Australia. *Functional Plant Biology*. 15(2):1-9

GARZON, C. y SANCLEMENTE, C. 2001. Establecimiento e inventario inicial de parcelas la regeneración natural temprana de bosques altoandinos en el municipio de Pasto - Nariño. Colombia

GENTRY, A. 1982. Patterns of neotropical plant diversity. *Evolutionary Biology*. 15: 1-84p.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN BIOLOGÍA DE PÁRAMOS Y ECOSISTEMAS ANDINOS ft CORPONARIÑO. 2007. Introducción, descripción general, marco conceptual y metodológico. Pasto (N). En: <http://corponarino.gov.co/expedientes/intervencion/biodiversidad/tomo01introduccion.pdf>; consulta: junio, 2016.

GUEVARA, O. 2002. Deforestación y medio ambiente en Colombia. En: Economía colombiana y coyuntura política. Revista de la Contraloría General de la República. Junio de 2002 - Edición 290

HASTWELL, G. y FACCELLI, J. 2003. Differing effects of shade-induced facilitation on growth and survival during the establishment of a chenopod shrub. *Journal of Ecology*.

HERNÁNDEZ, I. y VITA, A. 2004. Reforestación para la expansión de olivillo. Capítulo 18. *In* Squeo La Serena, Chile. Ediciones Universidad de La Serena. 307-319p.

HOLL, K.; LOIK, M.; LIN, E. y SAMUELS, I. 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration ecology*. Vol. 8. 339–349p.

HOOPER, E.; LEGENDRE, P. y CONDIT, R. 2005. Barriers to forest regeneration of deforested and abandoned land in Panama. *Journal of applied ecology*. Vol. 42. 1165–1174p.

HUANTE, P.; RINCÓN, E. y CHAPIN, F. 1998. Foraging for nutrients, responses to changes in light, and competition in tropical deciduous tree seedlings. *Oecologia*. 117 (1/2). 209-216p.

HURLBERT, S. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol Monogr.* 54:187-211. Doi: <http://dx.doi.org/10.2307/1942661>.

INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Colombia. 75-76p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 2004. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras De Nariño. Subdirección de Agrología. Obra en medio magnético (CD).

KHUMBONGMAYUM, D.; KHAN, M. y TRIPATHI, R. 2005. Survival and growth of seedlings of a few tree species in the four sacred groves of Manipur, Northeast India. *Current science.* Vol. 88. No. 11. 1781- 1788p.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. y PONS, T. 2008. *Plant physiological ecology.* Springer science. Second edition, Estados Unidos. DIO: 10.1007/978-0-387-78341-3\_1.

MARAÑÓN, T.; VILLAR, R.; QUERO, J. y PÉREZ, I. 2004. Análisis del crecimiento de plántulas de *Quercus suber* y *Q. canariensis*: Experimentos de campo y de invernadero. *Sociedad española de ciencias forestales.* 20: 87-92.

MARTÍNEZ, M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 54:179-224.

MARTÍNEZ, M. y ÁLVAREZ, E. 1995. Ecología de poblaciones de plantas en una selva húmeda de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México.* 56: 121-153p.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. 2015. Plan nacional de restauración., restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas Bogotá. Colombia. ISBN: 978-958-8901-02-2. En:

<http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenaci%C3%B3n-y-Manejo-de->

Bosques/PLAN\_NACIONAL\_DE\_RESTAURACION\_2.pdf. 92p. consulta: junio, 2016.

MORENO, D. y CUARTAS, S. 2014. Sobrevivencia y crecimiento de plántulas de tres especies arbóreas en áreas de bosque montano andino degradadas por ganadería en Colombia. Universidad de Antioquia. Colombia. Acta biológica colombiana. 20(2):85-100.

MORGAN, J.; LUNT, I. 1999. Effects of time-since-fire on the tussock dynamics of a dominant grass (*Themeda triandra*) in a temperate Australian grassland. Biol Conserv. 88:379-386.

MOSTACEDO, B. y FREDERICKSEN, T. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y análisis en Ecología vegetal. Editorial el Pais, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

MURCIA, C.; KATTAN, G. y ANDRADE, G. 2013. Conserving biodiversity in a complex biological and social setting: The case of Colombia. 86-96p. En: SODHI, N.; GIBSON, L. y RAVEN, P. (eds). Conservation Biology: Voices from the Tropics. John Wiley y Sons, Ltd., Hoboken, N.J. EE.UU.

OCHOA, A. y BARRERA, J. 2007. Efecto de la aplicación de biosólidos, sobre el desarrollo de la vegetación en las primeras etapas sucesionales, en la cantera Soratama, localidad de Usaquén, Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Revista de la facultad de ciencias. Edición especial II, Vol. 12, 57-72p.

PÉREZ, H.; OCHOA, S.; VARGAS, G.; MENDOZA, M. y GONZALES, N. 2011. Germinación y supervivencia de seis especies nativas de un bosque tropical de Tabasco, México. Madera bosques. Vol.17. No. 1. 71-91p.

RAMANKUTTY, N.; EVAN, A.; MONFREDA, C. y FOLEY, J. 2008. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. Global biogeochem cycles. Vol. 22. GB1003, DOI:10.1029/2007GB002952.

RICKERA, M.; SIEBEB, C.; SÁNCHEZ, S.; SHIMADAB, K.; LARSON, C.; MARTÍNEZ, M. y MONAGNINIE, F. 2000. Optimising seedling management: Pouteria

sapota, *Diospyros digyna*, and *Cedrela odorata* in a Mexican rainforest. *Forest ecology and management*. Vol 139, Issues 1–3. 63–77p.

ROMÁN, F.; LEVY, S.; PERALES, H.; RAMÍREZ, N.; DOUTERLUNGNE, D. y LÓPEZ, S. 2007. Establecimiento de seis especies arbóreas nativas en un pastizal degradado en la selva lacandona, Chiapas, México. *Ecología aplicada*. Vol. 6(1,2). En: [http://www.lamolina.edu.pe/ecolapl/Articulo\\_1\\_Vol%206.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/ecolapl/Articulo_1_Vol%206.pdf); consulta: junio, 2016.

ROMERO, A. 2005. Propuesta metodológica para seleccionar especie pioneras leñosas con fines de restauración ecológica, dentro de la reserva biológica cachalú. Santander. Colombia. Vol. 9, No 18. 52-59p.

ROMERO, M.; CABRERA, E. y ORTIZ, N. 2008. Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 181p.

SÁNCHEZ, A.; AIDE, T.; CLARK, M. y ETTER, A. 2012. Land cover change in Colombia: surprising forest recovery trends between 2001 and 2010. En: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0043943>; consulta: junio, 2016.

SANTAMARÍA, M.; CAMPOS, C. y DÍAZ, J. 2006. Transformación de hábitats y ecosistemas naturales. Tomo I. 151-161p.

SHIPLEY, B. 2002. Trade-offs between net assimilation rate and specific leaf area in determining relative growth rate: relationship with daily irradiance. *Functional ecology*. Vol. 16. 682–689p.

VALLADARES, F. 2004. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. 191-227p.

VARGAS, O. y REYES, S. (eds). 2011. *La restauración ecológica en la práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica*. Primera edición. ISBN 978-958-719-741-9. Bogotá, D. C., Colombia.

VARGAS, O.; VELASCO, P.; y DÍAZ, R. 2014. Los parches de plantas herbáceas colonizadoras de potreros y el crecimiento y supervivencia de especies heliófilas leñosas. 205-216p. En: VARGAS, O. (eds.) Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino. Edition: 2, Chapter: 11, Publisher: Universidad nacional de Colombia.

VÁZQUEZ, Y. y OROZCO, A. 1992. El bosque lluvioso en América Tropical: Dinámica forestal, reforestación, manipulación de las semillas y problemas de manejo. *Tree Planters' Notes* 43(4):119-124.

VILLAR, P.; CASTRO, P.; PEREZ, C. y MONTSERRAT, G. 1997. Stem xylem features in three *Quercus* (Fagaceae) species along a climatic gradient in NE Spain. *Trees*. 12: 90-96p.

WHISENANT, S. 2010. *Repairing damaged wildlands: a processorientated, landscape-scale approach*. 1st Edition. Cambridge, New York. ISBN-10: 052166540X.

ZIMMERMAN, J.; PASCARELLA, J. y AIDE, T. 2000. Barriers to forest regeneration in an abandoned Pasture in Puerto Rico. *Restoration ecology*. Vol 8. 350–360p.