

**RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE BOSQUES MONTANOS DEGRADADOS  
POR GANADERÍA**

**ELABORADO POR:  
DEISY JOHANNA MORENO BETANCUR**

**Trabajo realizado como requisito parcial para optar el título de  
Bióloga**

**ASESORA:  
SANDRA EUGENIA CUARTAS HERNÁNDEZ  
Bióloga, Ph. D  
Docente Universidad de Antioquia**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA  
FACULTAD CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
MEDELLIN  
2013**

## RESUMEN

En la región lechera del Norte de Antioquia el paisaje ha sido ampliamente transformado de bosques montanos a pastos para pastoreo de ganado vacuno. La restauración del paisaje original en esta zona es una acción primordial que debe ser incorporada en el plan de uso de la tierra hacia un desarrollo sostenible que garantice la recuperación de los servicios ofrecidos por los bosques montanos. El objetivo general de este estudio es seleccionar tres especies arbóreas que promuevan y aceleren el proceso de regeneración natural de bosques montanos e identificar algunas barreras bióticas, abióticas y sociales que impiden la restauración. Se evaluó el efecto del tipo de fertilización, combinación de especies, niveles de precipitación y disponibilidad lumínica sobre la sobrevivencia y la tasa de crecimiento relativo de los individuos. Las especies se seleccionaron de acuerdo a su importancia estructural en cinco bosques montanos de la región. *Quercus humboldtii*, *Myrsine coriacea* y *Weinmannia pubescens* presentaron altos valores de importancia ecológica y alta disponibilidad de propágulos. En total se sembraron 1448 individuos, la mitad recibió fertilización química y la otra parte fertilización orgánica. Estos se sembraron junto a individuos de la misma especie, combinados de a dos especies o creciendo las tres especies juntas. Los resultados obtenidos sugieren que no hay un efecto del tipo de fertilización sobre el crecimiento de los individuos de *M. coriacea* y *W. pubescens*, contrario a *Q. humboldtii* que tuvo mayor tasa de crecimiento bajo el efecto de fertilización química. Además, se encontró una mayor probabilidad de sobrevivencia de los individuos de *M. coriacea* y *W. pubescens* creciendo en el medio de fertilización orgánica, mientras para *Q. humboldtii* no se encontró diferencias entre estos dos medios. La combinación de especies no afectó la sobrevivencia ni el crecimiento de ninguna de las especies, mientras una exposición total a la incidencia lumínica disminuye tanto la sobrevivencia como el crecimiento. *Q. humboldtii* es la especie más exitosa por mostrar mayor probabilidad de sobrevivencia y mayor tasa de crecimiento, mientras que *M. coriacea* y *W. pubescens* presentaron alta probabilidad de mortalidad principalmente en la época de heladas. Considerando la

problemática ambiental ocasionada por el uso excesivo de fertilizantes químicos además del efecto benéfico de la fertilización orgánica se recomienda el uso de esta como alternativa de suplemento del suelo en proyectos que impliquen la siembra de plantas en áreas extensas.

**Palabras claves:** Restauración ecológica, potrero, ganadería, bosques montanos, Índice de valor de valor de importancia ecológica.

## TABLA DE CONTENIDOS

	Página
1. Introducción .....	10
1.1. Degradación de bosques en Colombia.....	10
1.2. Problemática actual de la ganadería en Antioquia .....	11
1.3. Práctica de la restauración ecológica .....	11
2. Planteamiento del problema .....	13
3. Objetivos.....	14
3.1. Objetivos generales .....	14
3.2. Objetivos específicos .....	15
4. Justificación .....	15
5. Materiales y métodos.....	16
5.1. Primera fase.....	16
5.1.1. Sitio de estudio .....	16
5.1.2. Caracterización florística.....	17
5.1.3. Selección de especies .....	18
5.2. Segunda fase.....	19
5.2.1. Sitio de estudio .....	19
5.2.2. Colecta de semillas y siembra en invernadero .....	19
5.2.3. Siembra en campo: efecto del tipo de fertilización y combinación de especies .....	20
5.2.4. Evaluación de variables ambientales.....	22
5.2.5. Evaluación del establecimiento de plántulas .....	22

5.3. Tercera fase.....	23
5.3.1. Banco de semillas germinable .....	23
5.3.2. Banco de plántulas y plantas niñeras .....	23
5.3.3. Barreras sociales .....	24
5.4. Análisis de datos.....	24
6. Resultados .....	25
6.1. Primera fase.....	25
6.1.1. Caracterización florística .....	25
6.1.2. Revisión bibliográfica.....	27
6.1.3. Especies seleccionadas.....	29
6.2. Segunda fase.....	30
6.2.1. Porcentaje de germinación .....	30
6.2.2. Porcentaje de sobrevivencia y tasa de crecimiento relativo.....	30
6.2.3. <i>Quercus humboldtii</i> .....	32
6.2.4. <i>Weinmannia pubescens</i> .....	34
6.2.5. <i>Myrsine coriacea</i> .....	37
6.3. Tercera fase.....	41
6.3.1. Banco de semillas germinable (BSG) .....	41
6.3.2. Banco de plántulas y plantas niñeras .....	42
6.3.4. Heladas de la época seca.....	43
6.3.5. Barreras sociales .....	43
7. Discusión .....	44
7.1. Caracterización florística.....	44

7.2. Establecimiento de plantas .....	44
7.2.1. <i>Quercus humboldtii</i> .....	46
7.2.2. <i>Weinmannia pubescens</i> .....	47
7.2.3. <i>Myrsine coriacea</i> .....	48
7.3. Barreras a la restauración.....	49
7.3.1. Banco de semillas germinable .....	49
7.3.2. Banco de plántulas y plantas niñeras .....	50
7.3.3. Barreras sociales .....	50
8. Conclusiones .....	51
9. Agradecimientos .....	54
10. Referencias.....	56
11. Anexos .....	62

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización Subregión Norte de Antioquia.....	17
<b>Figura 2.</b> Municipio de Belmira, camino al Predio Montañita.....	19
<b>Figura 3.</b> Montaje de vivero en campo .....	20
<b>Figura 4.</b> Esquema general de la distribución espacial de cada cuadrante.... .....	21
<b>Figura 5.</b> Montaje para análisis de banco de semillas germinable .....	23
<b>Figura 6.</b> Cuadrantes en los que se contó el número de individuos del banco de plántulas .....	24
<b>Figura 7.</b> Especies seleccionadas de acuerdo al IVI y a la disponibilidad de propágulos .....	29
<b>Figura 8.</b> Variación de la mortalidad y TCR de todos los individuos de acuerdo a la precipitación .....	32
<b>Figura 9.</b> Curvas de sobrevivencia para los individuos de <i>Q. humboldtii</i> ...	32
<b>Figura 10.</b> Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre la TCR en <i>Q. humboldtii</i> .....	33
<b>Figura 11.</b> Variación de la mortalidad y TCR de <i>Q. humboldtii</i> de acuerdo a la precipitación .....	34
<b>Figura 12.</b> Curvas de sobrevivencia para los individuos de <i>W. pubescens</i> .... .....	35
<b>Figura 13.</b> Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre la TCR en <i>W. pubescens</i> .....	36

<b>Figura 14.</b> Variación de la mortalidad y TCR de <i>W. pubescens</i> de acuerdo a la precipitación. ....	37
<b>Figura 15.</b> Curvas de sobrevivencia para los individuos de <i>M. coriácea</i> ....	39
<b>Figura 16.</b> Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre la TCR en <i>W. pubescens</i> .....	40
<b>Figura 17.</b> Variación de la mortalidad y TCR de <i>M. coriacea</i> de acuerdo a la precipitación .....	41



## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Especies con mayor IVI, Vereda la Ponderosa (Entrerríos).....	26
<b>Tabla 2.</b> Especies con mayor IVI, Vereda la Pontezuela (Santa Rosa de Osos) .....	27
<b>Tabla 3.</b> Especies con mayor IVI, Bosque Quebradona (Belmira).....	28
<b>Tabla 4.</b> Especies con mayor IVI, Bosque de Monte Frío (San Pedro de los Milagros) .....	28
<b>Tabla 5.</b> Especies con mayor IVI, Vereda Piedrahida (Donmatías).....	29
<b>Tabla 6.</b> Porcentaje de germinación .....	30
<b>Tabla 7.</b> Número de individuos sembrados y altura promedio para cada especie.....	30
<b>Tabla 8.</b> Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre TCR y sobrevivencia en todo el experimento .....	31
<b>Tabla 9.</b> Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre TCR y sobrevivencia en <i>Q. humboldtii</i> . .....	33
<b>Tabla 10.</b> Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre TCR y sobrevivencia en <i>W. pubescens</i> .....	35
<b>Tabla 11.</b> Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre TCR y sobrevivencia en <i>M. coriacea</i> .....	38
<b>Tabla 12.</b> Composición de especies del banco de semillas germinable (BSG) .....	41

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Degradación de bosques en Colombia

El territorio colombiano posee una gran variedad de ecosistemas que varían desde páramos, laderas, valles andinos, selvas húmedas tropicales, bosques secos, humedales, llanuras y desiertos (Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Esta variedad de ecosistemas resulta en una gran diversidad biológica, situando al país como uno de los de más diversos a nivel mundial (Tobasura, 2006). Sin embargo, la mayoría de los ecosistemas en el territorio han sido drásticamente transformados y degradados, siendo algunas de las causas principales la ampliación de la agricultura, la deforestación para el establecimiento de sistemas productivos como la ganadería, las plantaciones forestales, el establecimiento de cultivos ilícitos, la minería a cielo abierto, el desarrollo urbano y la introducción de especies invasoras (Ministerio de Medio Ambiente, Viviendo y Desarrollo Territorial, 2010).

De esta forma, la degradación de bosques tiene su origen en una sobreexplotación de los recursos naturales como resultado del crecimiento poblacional, la demanda alimenticia y el uso del suelo (Meli, 2003). Entre las regiones colombianas más afectadas por la alteración y transformación de los ecosistemas se encuentran la región Andina, por ser la que presenta una mayor densidad poblacional, donde se concentra el 70,3% de la población del país (IDEAM, 2002). La cobertura y el uso predominante de la tierra para la región están representados por pastos destinados para actividades ganaderas (Instituto Agustín Codazzi, 2002).

En las décadas de 1960 a 1995 los bosques naturales de nuestro país se redujeron de 94,6 a 72,4 millones de hectáreas y durante este mismo periodo las áreas dedicadas para la ganadería incrementaron más del doble, pasó de 14,6 a 35,5 millones de hectáreas (IAVH, 1998; citado en Murgueitio et al., 2008). Es decir, se redujeron 22,2 millones de hectáreas de bosque, mientras las áreas de ganadería incrementaron 20,9 millones, quedando un poco más

de un millón de hectáreas para otros usos generalmente productivos. Esto evidencia la creciente demanda e incompatibilidad de las prácticas ganaderas actuales y la conservación de bosques.

## **1.2. Problemática actual de la ganadería en Antioquia**

La ganadería es una importante fuente de ingresos económicos para el país, representando más de tres veces el valor de la producción cafetera. Antioquia es el segundo departamento después de Córdoba con mayor participación ganadera (SIS, 2008). Sin embargo, la forma como es practicada la ganadería en la mayoría de veces va en contra vía de la conservación de los recursos naturales, llevando cada vez a un deterioro mayor de estos.

En especial, la región Norte de Antioquia ha soportado fuertes presiones por la actividad humana como es la minería, la extracción de carbón y leña, y actualmente una gran influencia de la ganadería reemplazando los bosques naturales por pastizales (CORANTIOQUIA, 2009). En esta zona se concentran principalmente sistemas productivos de ganadería extensiva, caracterizados por poseer pocas unidades de ganado en una amplia extensión de terreno (Murgueitio, 2003), siendo la producción comercial de leche la principal actividad económica para los Municipios de esta región.

Los suelos sometidos a las presiones provocadas por la ganadería han sufrido cambios no solo a nivel ecológico por la pérdida de la biodiversidad y hábitats, sino además disminución de nutrientes del suelo por lixiviación, menor aporte de materia orgánica, aumento en la compactación del suelo por los cascos del ganado y cambios en el microclima (Aristizábal et al., 2008).

## **1.3. Práctica de la restauración ecológica**

La práctica de la restauración ecológica es una alternativa al problema de degradación de bosques como resultado del aprovechamiento no sostenible de los recursos naturales (Aguilar et al., 2008; Barrera, 2007). Entendida esta como el proceso de asistir a la recuperación de un ecosistema que ha sido

degradado, dañado o destruido con el principal objetivo de reestablecer parte de la función y la estructura de las áreas que han sido disturbadas, utilizando como referencia los ecosistemas pre-disturbios (SER, 2004).

El proceso de restauración asistida requiere tener en consideración algunos pasos fundamentales que pueden variar según el objetivo de la restauración. Entre ellos se encuentra: definir el ecosistema o comunidad de referencia, evaluar el estado actual del ecosistema que se desea restaurar, definir las escalas y niveles de organización, establecer las escalas y jerarquías del disturbio, lograr la participación comunitaria, evaluar el potencial de regeneración del ecosistema, establecer las barreras para la restauración, seleccionar las especies vegetales adecuadas, desarrollar estrategias de propagación y manejo de las especies, seleccionar los sitios de restauración, diseñar acciones que permitan superar las barreras, y por último, monitorear y consolidar el proceso de restauración (Vargas et al., 2010).

Por lo tanto, una de las estrategias utilizadas en el presente trabajo requiere contar con sitios de referencia que compartan una historia de uso de común, semejanzas bióticas y abióticas que permitan reflejar uno de los posibles estados a recuperar.

En cuanto a la selección de especies se debe considerar su trayectoria sucesional y potencial de regeneración que permitan recuperar la fertilidad del suelo y parte de la diversidad de plantas y animales (Alcocer et al., 1999). El uso de especies vegetales nativas con el potencial de crecer en zonas alteradas permite obtener estos resultados, siendo muy importante profundizar en el conocimiento de técnicas de propagación, manejo y ecología de estas especies.

Identificar barreras que impidan el proceso de restauración y diseñar estrategias que permitan superarlas facilita el fin último de esta (Barrera et al., 2007). El establecimiento de plantas tolerantes a la alta intensidad lumínica característica de los pastizales genera condiciones adecuadas para el establecimiento de plantas de sucesión avanzada propias del sitio a restaurar.

El éxito de la restauración ecológica no se garantiza únicamente comprendiendo procesos ecológicos, sino teniendo en cuenta su integración con factores sociales, económicos y culturales (Vargas, 2008). Con la dimensión social se busca integrar a las poblaciones humanas en proyectos de restauración evitando conflictos de intereses sociales y ambientales. La dimensión económica se refiere a los costos que implica restaurar y a la necesidad de una voluntad política que promueva la recuperación y conservación de los ecosistemas (Zamora, 2002). Por su parte, la dimensión cultural busca modificar conductas negativas de la sociedad frente al entorno natural estimulando las actividades a favor de la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

De acuerdo a lo anterior, las etapas del proceso de restauración que serán desarrolladas en el presente trabajo implica: identificación de las especies vegetales para iniciar la restauración, selección y propagación de plantas en vivero, acciones de restauración, identificación de barreras a la restauración, y por último, monitoreo y registro del proceso. El objetivo principal de este trabajo es evaluar el efecto del tipo de fertilización, la combinación de especies, la incidencia lumínica y los niveles de precipitación sobre el crecimiento y sobrevivencia de las plántulas.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Subregión Norte del Departamento de Antioquia sometida a grandes presiones ambientales provocada por la extensión de la ganadería, se ha convertido en una región altamente degradada, lo que ocasiona grandes repercusiones ambientales como es la pérdida de la biodiversidad y hábitat, la alteración del ciclo regular del agua y nutrientes, la erosión del suelo, la contaminación, la alteración de las cadenas tróficas, la inseguridad alimentaria y la modificación de la economía regional (Guevara, 2002).

Esta región conserva pocos relictos de bosques lo cual hace necesario implementar prácticas de restauración que permitan recuperar funciones de los

bosques montanos, ayudando a mitigar los efectos devastadores que la remoción de la cobertura boscosa tiene sobre el ambiente. Tratar de restaurar es una alternativa de sustentabilidad la cual puede ser muy beneficiosa desde la perspectiva ambiental, social, política y económica, permitiendo la recuperación de servicios ambientales, el aprovechamiento controlado de los recursos naturales, y en consecuencia, modificaciones en la percepción del manejo y conservación de la diversidad biológica.

Pese a que la Región del Altiplano Norte de Antioquia abastece de agua para uso doméstico, actividades agropecuarias y a pequeñas plantas generadoras de energía (CORANTIOQUIA, 2009), no se le ha dado la importancia a los ecosistemas de páramos y bosques altoandinos que la comprenden, olvidando que el deterioro de la cobertura vegetal crea alteraciones del ciclo hidrológico y con esto disminución en el abastecimiento del agua. Es por esto, que las acciones de restaurar dichos ecosistemas son de gran prioridad garantizando la recuperación y permanencia de los servicios ambientales y la diversidad biológica que albergan.

Asociado al remplazo de los bosques nativos para la ampliación de pastizales, se encuentra el uso excesivo de fertilizantes químicos, ocasionando pérdidas de productividad, contaminación del suelo y de las fuentes de agua (CORANTIOQUIA, 2009). Razón por la cual se desea contrastar el crecimiento de plantas en dos medios suplementados con fertilizante químico u orgánico.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

En este estudio se pretende identificar especies nativas con alto índice de valor de importancia ecológica, proponiendo alternativas de siembra que mejoren el establecimiento de las especies evaluadas, además de identificar algunas barreras que impiden el proceso de restauración.

### **3.2. Objetivos específicos**

- i. Seleccionar tres especies con un alto índice de valor de importancia ecológica en los bosques montanos del Norte de Antioquia.
- ii. Determinar el porcentaje de germinación de las especies seleccionadas.
- iii. Evaluar el efecto del tipo de fertilización, la combinación de especies, la disponibilidad lumínica y los niveles de precipitación sobre el establecimiento de las plántulas.
- iv. Identificar factores sociales, bióticos y/o abióticos que impiden la restauración.

## **4. JUSTIFICACIÓN**

La práctica de la restauración ecológica requiere ser desarrollada desde la teoría y la experimentación debido a la urgencia de intentar revertir en cierto grado los daños ambientales producidos por la intervención antrópica. Si bien, la recuperación de la función y estructura de un ecosistema degradado no podrá ser de manera total, si puede serlo parcialmente obteniendo grandes beneficios ambientales como el control de la erosión, la recuperación del suelo, mejoramiento de las condiciones microclimáticas, disminución de riesgos de inundaciones y recuperación de la cobertura vegetal.

Son pocos los intentos de restauración que se han realizado en nuestro territorio colombiano, pese a poseer una alta diversidad biológica y una amenaza cada vez mayor a la pérdida de ésta como resultado del mal uso de los recursos naturales. Es por ello que las iniciativas de investigación que aporten a la aplicación de prácticas como la restauración ecológica deben hacer parte de las políticas públicas donde se integre a la comunidad como garantía de permanencia y el éxito de ellas.

Identificar especies claves y sus técnicas adecuadas de propagación; así como algunas barreras que impidan el proceso de restauración de bosques es fundamental para abordar proyectos a gran escala espacio temporal, de la cual

derivarán beneficios no solo para poblaciones humanas; sino además, crear condiciones que permitan el establecimiento de otras poblaciones animales, vegetales y la microbiota asociadas a ellos.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

Este proyecto se realizó en tres fases: 1) selección de especies nativas; 2) germinación en invernadero y evaluación del éxito del establecimiento de plántulas; 3) identificación de barreras que impiden la restauración.

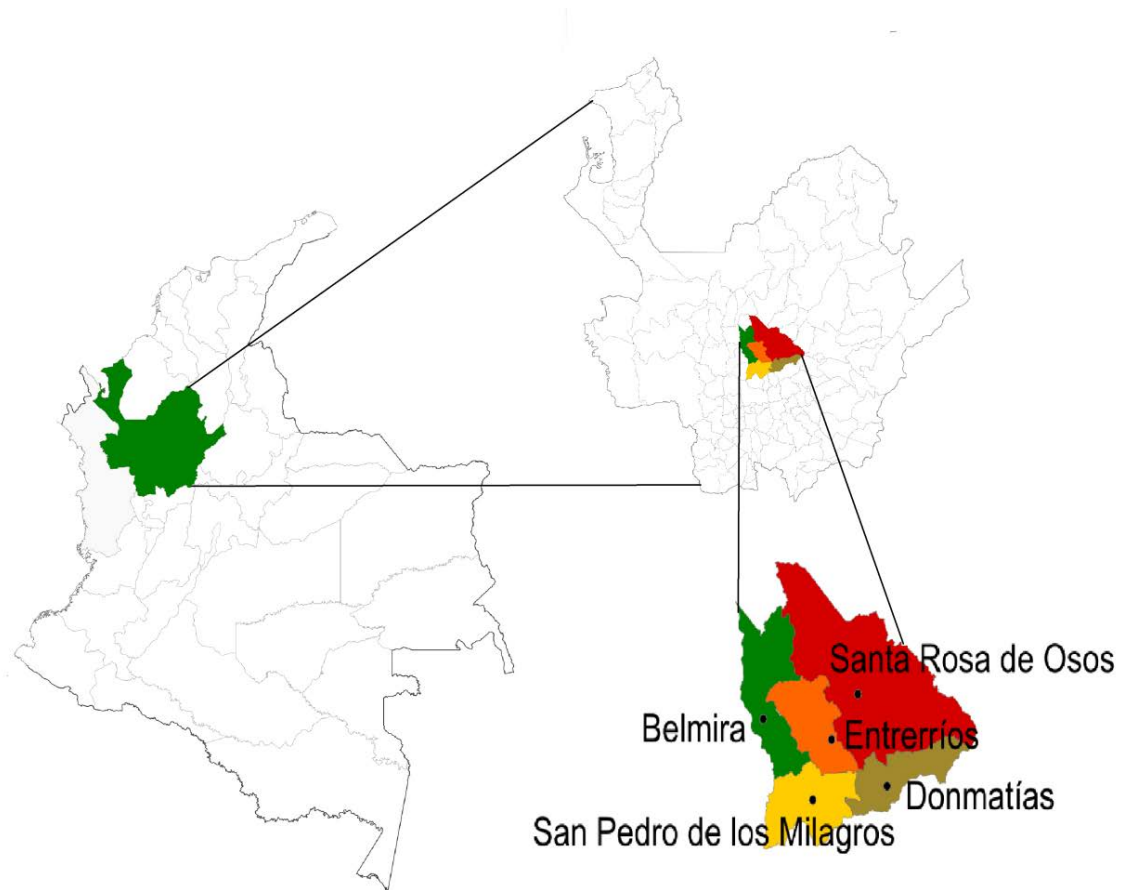
### **5.1. PRIMERA FASE**

Esta fase permitió identificar tres especies arbóreas nativas potenciales para promover y acelerar el proceso de restauración.

#### **5.1.1. Sitio de estudio**

Los Municipios de Santa Rosa de Osos, Donmatías, San Pedro de los Milagros, Entreríos y Belmira se localizan sobre la Cordillera Central, pertenecientes a la Subregión Norte del Departamento de Antioquia (Programa de Gobierno Belmira, 2006). Esta zona ha sido altamente deteriorada debido a las presiones que ejercen las prácticas ganaderas sobre ellas. Sin embargo, aún permanecen parches de bosques dominados por Roble y de los cuales hay suministro de agua para una gran población de Antioquia.





**Figura 1.** Localización Subregión Norte de Antioquia

### 5.1.2. Caracterización florística

Para la caracterización de la vegetación presente en los Municipios de estudio se siguió la propuesta metodológica basada en los inventarios RAP (Rapid Assessment Program) propuesta por Gentry (1982). Esta metodología consiste en establecer 10 parcelas de 2 x 10 m (0,1 ha), muestreando todos los individuos con un  $DAP \geq 2,5$  cm. La colección de muestras botánicas fue sometida al proceso de herborización para su posterior identificación en el Herbario de la Universidad de Antioquia (HUA). Siendo esta una metodología ampliamente utilizada permitió hacer comparaciones respecto a la composición de especies entre Municipios e identificar las especies con alto índice de valor de importancia ecológica. Las colecciones botánicas y registros de muestreos previos en estos municipios facilitaron el proceso de identificación de las especies colectadas.

Los transectos RAP se realizaron en los Municipios de Entreríos y Santa Rosa de Osos, en las Veredas La Ponderosa y La Pontezuela, respectivamente. Se hizo una revisión bibliográfica de estudios de composición florística de la zona realizados por la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, estos se encontraron para los Municipios de Donmatías, San Pedro de los Milagros y Belmira.

### **5.1.3. Selección de Especies**

El criterio de selección de especies se basó en el índice de valor de importancia ecológica (Mostacedo et al., 2000), por lo que se evaluaron parámetros ecológicos como la frecuencia, densidad y dominancia relativa de cada una de las especies encontradas. Este índice está determinado de la siguiente manera:

$$\text{IVI} = \text{Abundancia relativa} + \text{Frecuencia relativa} + \text{Dominancia relativa}$$

Donde,

$$\text{Abundancia relativa} = N_0 \text{ de individuos por especie} / N_0 \text{ total de individuos}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = N_0 \text{ de veces que aparece la especie en los 10 transectos} / \text{Sumatoria de las frecuencias de todas las especies.}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \text{Sumatoria del área basal de todos los individuos de la especie} / \text{Sumatoria del área basal total.}$$

Además, se tuvo en cuenta que las especies seleccionadas tuvieran una alta disponibilidad de semillas y estuvieran reportadas como tolerantes a la exposición lumínica.

## **5.2. SEGUNDA FASE**

Una vez seleccionadas las 3 especies se procedió con la evaluación del porcentaje de germinación en invernadero y el éxito de establecimiento de las plántulas en campo. Se analizó el efecto del tipo de fertilización del suelo, la combinación de especies, la disponibilidad lumínica y la precipitación sobre el crecimiento y la sobrevivencia de plántulas.

### **5.2.1. Sitio de estudio**

El establecimiento del vivero y la siembra de plántulas se realizó en una parcela de aproximadamente 1,2 ha en el Predio Montañita, el cual se encuentra bajo la jurisdicción de CORANTIOQUIA ubicado en el Municipio de Belmira, señalado como zona de prioridad de conservación y restauración.



**Figura 2.** Municipio de Belmira, camino al Predio Montañita

### **5.2.2. Colecta de semillas y siembra en invernadero**

La colecta de semillas se realizó mediante caminatas a través de los bosques en el Municipio de Belmira, con el objetivo de incorporar variabilidad genética y evitar la siembra de plántulas derivadas de pocos árboles parentales. Las semillas se sembraron en bolsas con suelo del bosque adyacente. Una vez germinadas las semillas, se mantuvieron las plántulas en el vivero seis meses y

posteriormente se procedió con la siembra de plantas. Esta fase se realizó en cooperación con el Cabildo Verde de Belmira.

*W. pubescens* es una especie de difícil propagación a través de semilla debido al pequeño tamaño de estas, por lo tanto fue necesario tomar del bosque las semillas acabadas de germinar y trasplantarlas en bolsas para llevar al vivero hasta alcanzar un mayor grado de desarrollo.

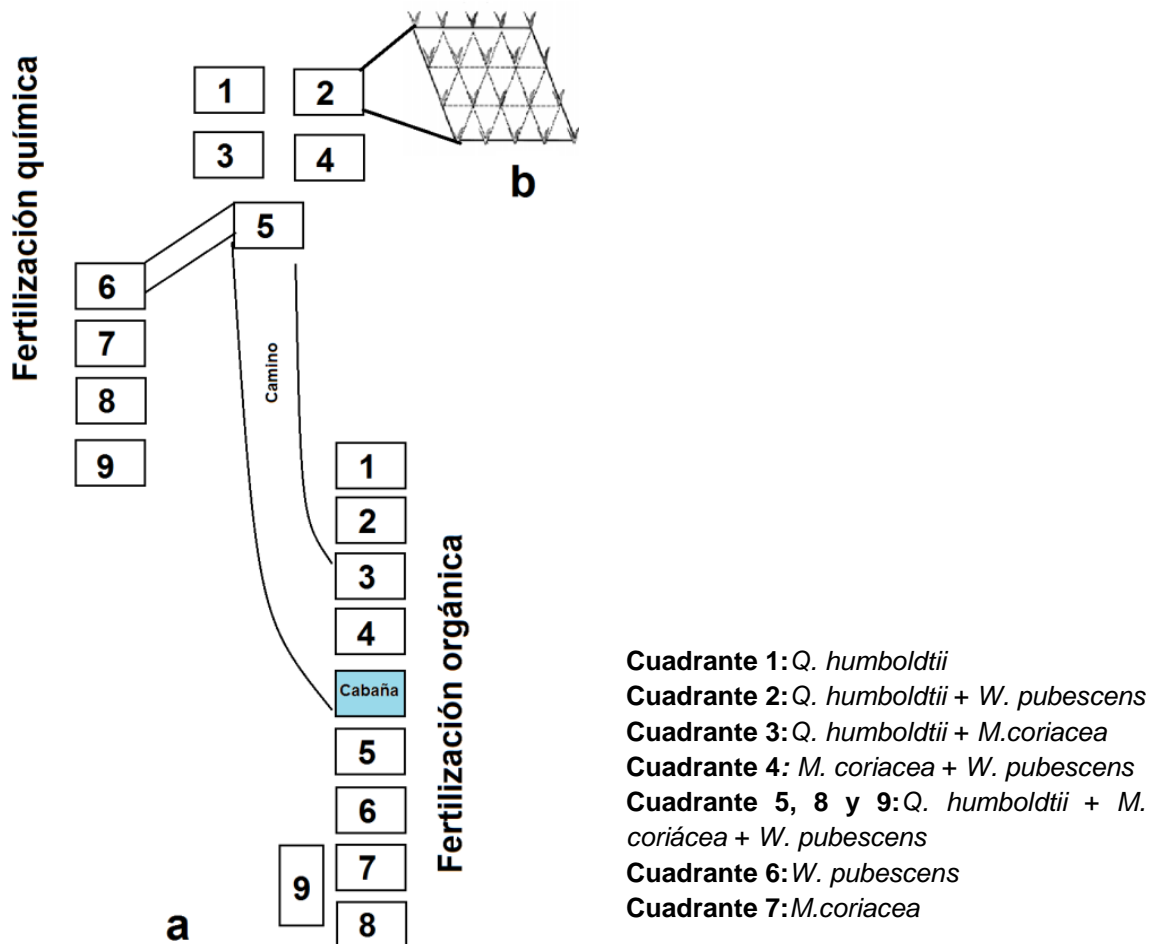


**Figura 3.** Montaje de vivero en campo.

### **5.2.3. Siembra en campo: Efecto del tipo de fertilización y combinación de especies**

Las plántulas obtenidas en el invernadero se trasladaron a la parcela de 1,2 ha hectárea. Esta fue dividida en 18 cuadrantes con un área de 576 m<sup>2</sup>, en cada uno de ellos se sembraron 80 individuos aproximadamente, con una separación de 2,0 m siguiendo el método de siembra tres bolillos. Nueve cuadrantes fueron destinados al tratamiento de fertilización química y los nueve restantes a fertilización orgánica. Para tener en cuenta el efecto de la combinación de especies sobre el crecimiento y sobrevivencia de plántulas para cada tratamiento de fertilización, se sembraron en tres cuadrantes todas las plántulas de la misma especie, en otros tres cuadrantes plántulas de dos

especies (40 de cada una) y en los cuadrantes restantes plántulas de 3 especies (27 de cada una) para un total de 240 plántulas por especie (figura 4).



**Figura 4.** Esquema general de la distribución espacial de cada cuadrante. a) ubicación, tipo de fertilizante y combinación de especies por cuadrante. b). método de siembra tres bolillo.

Para el tratamiento de fertilización se realizó un análisis fisicoquímico del suelo (anexo 3) y atendiendo a los requerimientos de nutrientes de este se usó las dosis de fertilización química recomendada por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Colombia de los fertilizantes 15-15-15 (40 g) y fertilizantes menores Rio Claro (25 g). La fertilización orgánica se realizó con gallinaza (120 g/planta).

#### **5.2.4. Evaluación de variables ambientales**

##### **Intensidad lumínica**

Se utilizó una variable categórica para designar aquellos individuos que reciben sombra en algún momento del día y aquellos que estaban totalmente expuestos al sol. Esta situación se debe a que la zona de restauración se encuentra rodeada por bosque y algunos individuos fueron sembrados cerca al borde o a pequeños arbustos que crecen en la matriz de pasto. Por lo tanto, las dos categorías en las que se clasificaron los individuos fueron las siguientes:

**Sin sombra:** No reciben sombra en ningún momento del día.

**Con sombra:** Reciben sombra en algún momento del día, independiente del porcentaje de la cobertura del dosel.

##### **Precipitación**

El Departamento de Calidad Ambiental de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, suministró los datos de precipitación para el Municipio de Belmira durante los meses de muestreo. Estos fueron usados para analizar el porcentaje de mortalidad y la tasa de crecimiento relativo de acuerdo a los niveles de precipitación. Para cada intervalo de registro de crecimiento y sobrevivencia se consideró la precipitación durante el mismo periodo de tiempo.

#### **5.2.5. Evaluación del establecimiento de plántulas**

El éxito del establecimiento se midió de acuerdo a la sobrevivencia y al crecimiento en altura de la rama principal para cada uno de los individuos. La mortalidad fue registrada cada quince días y el crecimiento en intervalos de tiempo de un mes entre cada medida. El tiempo total de monitoreo fue de 22 semanas, durante los meses de diciembre del 2011 hasta junio de 2012.

## TERCERA FASE

En esta fase se identificaron algunos factores bióticos, abióticos y sociales que dificultan el proceso de restauración; a través de trabajos experimentales, observaciones en campo y revisión bibliográfica.

### 5.2.6. Banco de semillas germinable (BSG)

Se tomaron 32 muestras de suelo separadas 8 metros una de otra, usando un cuadrado de 10 cm de lado a una profundidad de 5 cm de la superficie del suelo. Cada muestra se guardó para su transporte hasta Medellín donde se sometieron a germinación. Estas se mezclaron con cascarilla de arroz, se colocaron en bandejas de madera y se regaron diariamente para garantizar un adecuado nivel de humedad (Figura 5).



**Figura 5.** Montaje para análisis de banco de semillas germinable

### 5.2.7. Banco de plántulas y plantas niñeras

Para analizar el banco de plántulas se dividió cada uno de los 18 cuadrantes de siembra del predio montaña en diez sub-cuadrantes, eligiendo cinco de ellos de manera sistemática como se observa en la figura 6. En cada uno de los sub-cuadrantes elegidos se contó el número de plántulas encontradas dentro de ellos.

X		X		X
	X		X	

**Figura 6.** Cuadrantes en los que se contó el número de individuos del banco de plántulas

Las plantas niñeras o plantas facilitadoras de la sucesión son de suma importancia en los procesos de restauración ecológica al mejorar las condiciones microclimáticas de las plántulas que puedan crecer bajo ella, disminuir las altas temperaturas e irradiación de los pastizales, mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo y debilitar la competencia entre plántulas y especies herbáceas (Vargas, 2007). Por tal motivo, se realizó una observación directa de la presencia o ausencia de plantas niñeras dentro de la parcela, como una de las posibles barreras a superar dentro del proceso de restauración.

### **5.2.8. Barreras sociales**

Se hizo una revisión bibliográfica sobre uso del suelo en la región para conocer las presiones antrópicas a las que se ha sometido.

### **5.3. Análisis de datos**

Los datos no mostraron distribución normal ni homogeneidad de varianza, por lo que se realizaron pruebas no paramétricas usando el paquete estadístico SPSS 19. La sobrevivencia para cada uno de los tratamientos fue comparada mediante curvas de sobrevivencia de Kaplan Meier (Molinero, 2001), que permiten analizar el tiempo transcurrido para que ocurra un suceso (en este caso la muerte de las plántulas) considerando además los datos censurados, es decir, cada uno de los individuos que hasta el último momento fueron observados y no habían desarrollado el suceso (aquellos que permanecieron



vivos durante el periodo de muestreo). Se usó la prueba estadística Log- Rank para comparar curvas de sobrevivencia entre los niveles de cada tratamiento.

La tasa de crecimiento relativo fue analizada mediante pruebas de Mann-Witney (M-W) y Kruscal-Wallis (K-W), de acuerdo a comparaciones pareadas (tipo de fertilización y disponibilidad lumínica) o múltiples (combinación de especies), respectivamente.

La tasa de crecimiento relativo (TCR) se calculó mediante la fórmula:

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

Siendo,

$M_t$ : Longitud final

$M_{t-1}$ : Longitud inicial

$t$ : Número de días

Las pruebas de hipótesis fueron probadas para un nivel de significancia de 0,05.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. PRIMERA FASE

#### 6.1.1. Caracterización florística

Como resultado de los muestreos para los Municipios de Entreríos y Santa Rosa de Osos, se encontró un total de 751 individuos con diámetro igual o superior a 2,5 cm, pertenecientes a 69 especies de 36 familias. En las tablas 1 y 2 se muestran las especies con mayor índice de importancia ecológica para estos Municipios. En los anexos 1 y 2 se encuentra el listado completo de todas las especies halladas en cada uno de los Municipios.

En el Municipio de Entreríos se encontró un total de 362 individuos representados por un mayor número de especies y familias respecto a los encontrados en Santa Rosa de Osos. Para el primero los individuos fueron identificados dentro de 31 familias y 46 especies, mientras los individuos del segundo se clasificaron en 24 familias y 41 especies.

Es importante señalar que la mayoría de los parches de bosque conservados en Santa Rosa de Osos y Entreríos se encuentran dominados por *Quercus humboldtii*, por este motivo se eligieron bosques donde la presencia de esta especie fuera escasa, con el fin de tener en consideración una mayor diversidad vegetal y por tanto, considerar otras especies vegetales. Sin embargo, se debe tener en cuenta la dominancia de *Q. humboldtii* en esta zona.

*Weinmannia pubescens* es una de las especie con mayor índice de importancia ecológica que se encuentra en común para los dos Municipios.

**Tabla1.** Especies con mayor IVI, Vereda la Ponderosa (Entreríos)

Especie	Familia	Abund.	Abund. Rel	Frec. Rel	Dom. Rel	IVI
1 <i>Ilex laurina</i>	Aquifoliaceae	47	12,98	6,20	14,67	33,86
2 <i>Piper archeri</i>	Piperaceae	47	12,98	6,98	6,15	26,11
3 <i>Zanthoxylum melanostichum</i>	Rutaceae	38	10,50	6,20	5,41	22,11
4 <i>Bejaria aestuans</i>	Ericaceae	23	6,35	6,20	8,71	21,27
5 <i>Schefflera sp1</i>	Araliaceae	21	5,80	5,43	7,75	18,98
6 <i>Myrcia splendens</i>	Myrtaceae	24	6,63	6,98	4,14	17,74
7 <i>Hedyosmum racemosum</i>	Chlorantaceae	23	6,35	6,20	4,27	16,82
8 <i>Schefflera sp3</i>	Araliaceae	18	4,97	4,65	1,23	10,85
9 <i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae	6	1,66	2,33	5,37	9,36
10 <i>Alchornia grandiflora</i>	Euphorbiaceae	8	2,21	3,10	2,89	8,20
11 <i>Panopsis yolombo</i>	Proteaceae	9	2,49	3,10	2,18	7,77
12 <b><i>Weinmannia pubescens</i></b>	Cunoniaceae	7	1,93	3,88	1,84	7,65
13 <i>Lozania mutisiana</i>	Lacistemataceae	4	1,10	1,55	4,68	7,33
14 <i>Rhamnus goudotiana</i>	Rhamnaceae	7	1,93	2,33	2,30	6,56
15 <i>Cavendishia bracteata</i>	Ericaceae	9	2,49	3,10	0,92	6,50

**Tabla 2.** Especies con mayor IVI, Vereda la Pontezuela (Santa Rosa de Osos)

Especie	Familia	Abund.	Abund. Rel	Frec. Rel	Dom. Rel	IVI
1 <i>Tibouchina lepidota</i>	Melastomataceae	33	8,48	6,72	16,23	31,43
2 <i>Alchornea verticilata</i>	Euphorbiaceae	24	6,17	5,22	13,25	24,65
3 <i>Clusia ducu</i>	Clusiaceae	12	3,08	3,73	7,74	14,56
4 <i>Vismia laevis</i>	Hypericaceae	20	5,14	4,48	6,55	16,17
5 <b><i>Quercus humboldtii</i></b>	Fagaceae	5	1,29	1,49	9,12	11,90
6 <i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae	19	4,88	5,22	3,54	13,65
7 <i>Schefflera sp.</i>	Araliaceae	27	6,94	5,22	3,20	15,37
8 <b><i>Weinmannia pubescens</i></b>	Cunoniaceae	19	4,88	5,97	2,01	12,86
9 <i>Viburnum pichinchense</i>	Caprifoliaceae	25	6,43	4,48	3,06	13,96
10 <i>Alchornea acutifolia</i>	Euphorbiaceae	7	1,80	2,24	4,54	8,58
11 <i>Clethra fagifolia</i>	Clethraceae	19	4,88	4,48	2,10	11,47
12 <i>Hieronima antioquensis</i>	Euphorbiaceae	5	1,29	1,49	4,32	7,10
13 <i>Cavendishia bracteata</i>	Ericaceae	20	5,14	3,73	2,00	10,87
14 <i>Palicourea garciae</i>	Rubiaceae	14	3,60	3,73	1,20	8,53
15 <i>Hedyosmum goudotianum</i>	Chlorantaceae	13	3,34	2,99	1,94	8,26

### 6.1.2. Revisión bibliográfica

Se tuvo en consideración los inventarios florísticos para los Municipios de Belmira, San Pedro de los Milagros y Donmatías, realizados por CORANTIOQUIA. Las tablas 3,4 y 5 fueron tomadas de estos estudios.

La información obtenida de los tres Municipios coinciden con *Q. humboldtii* como la especie con mayor índice de valor de importancia ecológica, siendo la más abundante.

*M. coriacea* aparece dentro de las especies con mayor IVI para el Municipio de Belmira y San Pedro de los Milagros. Esta también fue encontrada en Santa Rosa de Osos, aunque su IVI no fue alto.

*W. pubescens* aparece nuevamente en San Pedro de los Milagros entre las especies con mayor IVI.

**Tabla 3.** Especies con mayor IVI Bosque Quebradona (Belmira). Lázaro, Juan; Echeverry Amparo. 1998

Nº	Especie	Familia	Abund.	Abund. Rel	Frec. Rel	Dom. Rel	IVI
1	<b><i>Quercus humboldtii</i></b>	Fagaceae	139	29.51	5.85	57.86	93.22
2	<i>Tibouchina lepidota</i>	Melastomataceae	23	4.88	3.51	5.77	14.15
3	<i>Miconiaaff, Mutisiana</i>	Melastomataceae	25	5.30	5.26	1.12	11.69
4	<i>Clusia sp,</i>	Clusiaceae	15	3.19	4.09	4.12	11.39
5	<i>Graffenrieda conostegiodes</i>	Melastomataceae	9	1.91	5.85	0,58	8.34
6	<i>Schefflera uribei</i>	Araliaceae	17	3.61	3.51	1.04	8.16
7	<i>Weinmannia auriculata</i>	Cunnoniaceae	12	2.55	2.34	2.22	7.11
8	<i>Miconia cundinamarcensis</i>	Melastomataceae	12	2.55	3.51	0,74	6.80
9	<i>Hedyosmum cumbalense</i>	Clorantaceae	13	2.76	1.75	2.21	6.73
10	<i>Palicourea zaruchii</i>	Rubiaceae	11	2.33	2.34	1.87	6.55
11	<i>Centronia cf, brachycera</i>	Melastomataceae	13	2.76	2.34	1.04	6.14
12	<i>Gordonia fruticosa</i>	Theaceae	11	2.33	2.34	0,83	5.50
13	<i>Palicourea demissa</i>	Rubiaceae	11	2.33	2.34	0,56	5.23
14	<b><i>Myrsine coriacea</i></b>	Myrsinaceae	9	1.91	2.92	0,25	5.08
15	<i>Conostegia sp,1</i>	Melastomataceae	3	1	1.17	3.02	4.83

**Tabla 4.** Especies con mayor IVI, Bosque de Monte Frío, (San Pedro de los Milagros). Lázaro, Juan; Echeverry Amparo. 1998

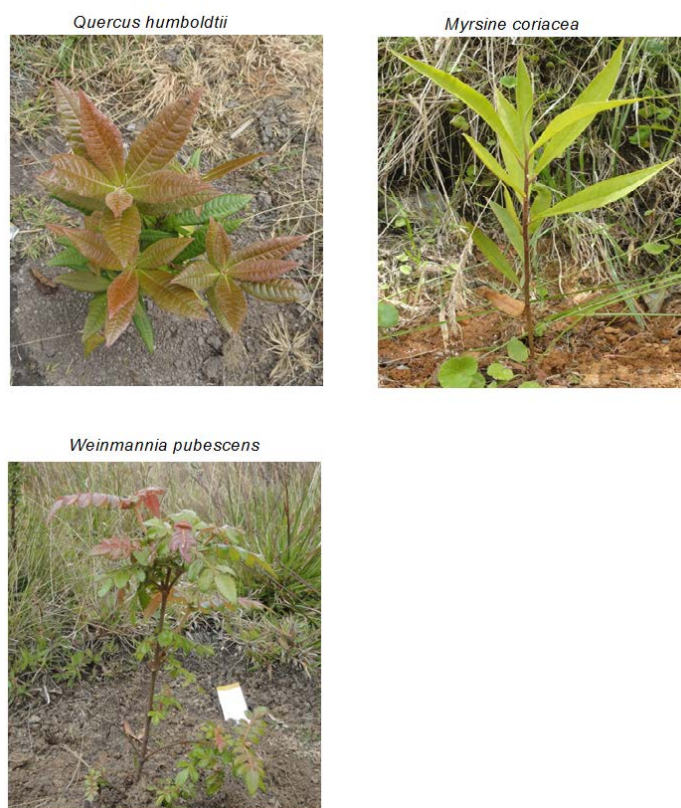
No.	Especie	Familia	Abund.	Abund. Rel	Frec. rel	Domin. Rel	IVI
1	<b><i>Quercus humboldtii</i></b>	Fagaceae	122	26.87	6.94	82.70	116.5
2	<i>Conostegia sp,1</i>	Melastomataceae	15	3.30	3.47	3.30	10.08
3	<i>Graffenrieda sp,</i>	Melastomataceae	7	1.54	1.39	2.05	4.98
4	<b><i>Weinmannia pubescens</i></b>	Cunnoniaceae	13	2.86	4.17	1.48	8.51
5	<i>Ocotea callophyla</i>	Lauraceae	25	5.51	4.86	1.45	11.82
6	<i>Tibouchina lepidota</i>	Melastomataceae	1	0,22	0,69	1.11	2.02
7	<i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae	19	4.19	6.25	0,91	11.35
8	<i>Nectandra sp,</i>	Lauraceae	9	1.98	3.47	0,81	6.26
9	<b><i>Myrsine coriacea</i></b>	Myrsinaceae	14	3.08	4.86	0,67	8.62
10	<i>Ladenbergia macrocarpa</i>	Rubiaceae	8	1.76	3.47	0,58	5.82
11	<i>Centronia cf, brachycera</i>	Melastomataceae	44	9.69	4.86	0,49	15.04
12	<i>Myrsine pellucida</i>	Myrsinaceae	1	0,22	0,69	0,43	1.35
13	<i>Schefflera quinquestylorum</i>	Araliaceae	2	0,44	1.39	0,35	2.18
14	<i>Miconia sp,1</i>	Melastomataceae	7	1.54	2.79	0,35	4.67
15	<i>Miconia sp,3</i>	Melastomataceae	17	3.74	3.47	0,33	7.55

**Tabla 5.** Especies con mayor IVI, Vereda Piedrahita, (Donmatías). Robles, Carolina. 2006

No.	Especie	Familia	I.V.I.
1	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	25
2	<i>Alchomea verticilata</i>	Melastomataceae	22
3	<i>Cyathea caracasana</i>	Melastomataceae	21
4	<i>Clusia alata</i>	Cunnoniaceae	18
5	<i>Vismis baccifera</i>	Lauraceae	14
6	<i>Clethra fagifolia</i>	Melastomataceae	11
7	<i>Schefflera sp2</i>	Clusiaceae	10
8	<i>Miconia resima</i>	Lauraceae	8
9	<i>Escallonia paniculata</i>	Myrsinaceae	7
10	<i>Ageratina popayanensis</i>	Rubiaceae	6

### 6.1.3. Especies seleccionadas

De acuerdo con los resultados obtenidos en los estudios de composición florística, revisión bibliográfica y la disponibilidad de semillas, las especies seleccionadas para el proceso de restauración ecológica fueron: *Quercus humboldtii*, *Weinmannia pubescens* y *Myrsine coriacea* (Figura 7).



**Figura 7.** Especies seleccionadas de acuerdo a su IVI y a la disponibilidad de propágulos

## 6.2. SEGUNDA FASE

### 6.2.1. Porcentaje de germinación

*W. pubescens* fue la especie con menor porcentaje de germinación. Por su parte, *Q. humboldtii* y *M. coriacea* presentaron un porcentaje de germinación mayor (Tabla 6).

**Tabla 6.** Porcentaje de germinación

Especie	Porcentaje de germinación
<i>Q. humboldtii</i>	555/800= 69%
<i>W. pubescens</i>	208/800= 26%
<i>M. coriacea</i>	432/700= 62%

En la tabla 7 se muestra el número de individuos sembrados para cada especie y su altura promedio en el momento de la siembra.

**Tabla 7.** Número de individuos sembrados y altura promedio para cada especie

Especie	Nº individuos	Altura promedio (cm)
<i>Q. humboldtii</i>	483	12,8
<i>W. pubescens</i>	484	13,8
<i>M. coriacea</i>	481	6,9
Total	1448	

### 6.2.2. Porcentaje de sobrevivencia y tasa de crecimiento relativo (TCR)

#### Resultados generales

En general, se encontró una mayor probabilidad de sobrevivencia para los individuos creciendo bajo fertilización orgánica, comparada con aquellos creciendo con fertilización química (K-M,  $X^2= 87,7$ , gl= 1,  $p<0,05$ ). El resultado demostró que no existen diferencias que permitan asegurar, para un nivel de confianza del 95%, que la fertilización tiene algún efecto en la tasa de

crecimiento relativo de los individuos evaluados durante el tiempo de monitoreo (M-W,  $U= 258500$ ,  $p> 0,05$ ). No se encontró un efecto de la especie con la cual coexiste (creciendo sola, dos especies o las tres especies) sobre el crecimiento (K-M,  $X^2= 4,059$ ,  $gl=2$ ,  $p>0,05$ ) y sobrevivencia de los individuos. Por su parte, las plantas expuestas totalmente a la incidencia lumínica mostraron un menor éxito en cuanto a sobrevivencia (K-M,  $X^2= 112,4$ ,  $gl=1$ ,  $p<0,05$ ) y crecimiento (M-W,  $U= 186703$ ,  $p<0,05$ ).

La tabla 8 muestra los valores promedios de sobrevivencia y TCR para todo el experimento y los valores p de pruebas no paramétricas para cada uno de los tratamientos. La hipótesis nula se refiere a que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de cada tratamiento, mientras la hipótesis alternativa indica diferencias entre estos. La regla de decisión, nos permite rechazar la hipótesis nula con un valor  $p>0,05$  y no rechazarla cuando sea menor a este valor.

**Tabla 8.** Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre TCR y sobrevivencia en todo el experimento. a) valores promedios para la sobrevivencia y TCR. b) valores p de pruebas no paramétricas.

**a)**

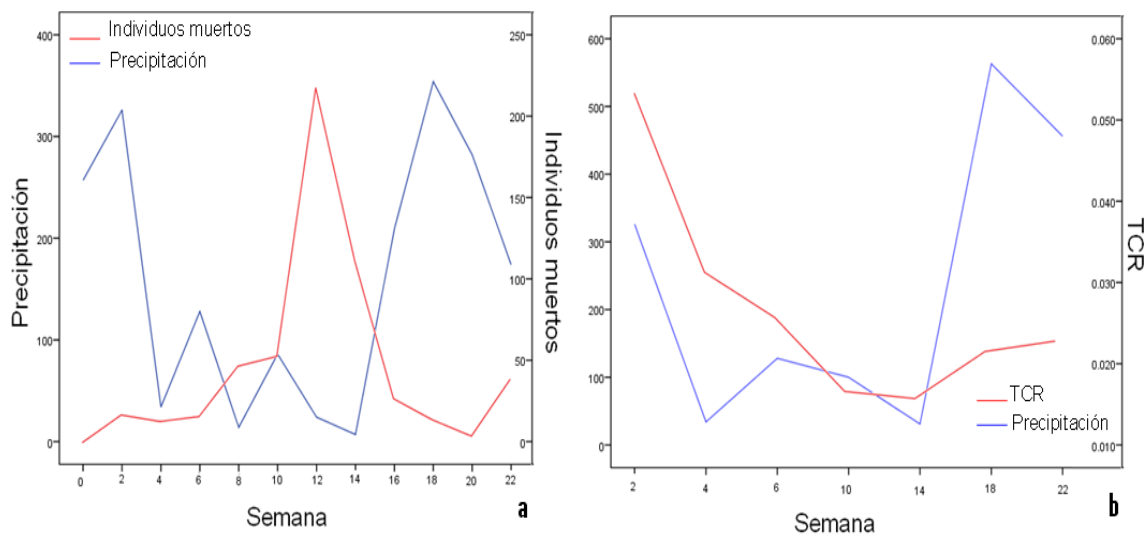
Nº de individuos	1448
Sobrevivencia (%)	61,7
TCR (cm/día)	0,02

**b)**

Tratamientos	TCR	Sobrevivencia
Tipo de fertilización	0,685	0,000
Combinación de especies	0,131	0,065
Disponibilidad lumínica	0,007	0,000

### Efecto de la precipitación

Durante las semanas 10 y 14, época de menor precipitación, se observó mayor mortalidad de los individuos y menor tasa de crecimiento relativo (Figura 8). Un incremento en la precipitación representa a su vez un aumento en la tasa de crecimiento relativo y sobrevivencia.



**Figura 8.** Variación de la mortalidad y TCR de todos los individuos de acuerdo a la precipitación.

### 6.2.3. *Quercus humboldtii*

Los individuos de *Q. humboldtii* mostraron una alta probabilidad de sobrevivencia independientemente del tipo de fertilización recibida, con un 89,6 y 90,1% de individuos vivos para las fertilizaciones orgánica y química respectivamente (K-M,  $X^2= 0,018$ ,  $gl=1$ ,  $p> 0,05$ ), mientras la tasa de crecimiento relativo fue mayor en el tratamiento de fertilización química (M-W,  $U= 23868$ ,  $p<0,05$ ).

La combinación de especies no afectó el establecimiento de los individuos, es decir, respondió igualmente bien en sobrevivencia ( $X^2=1,9$ ,  $gl=3$ ,  $p> 0,05$ ) y crecimiento ( $U= 23,068$ ;  $p> 0,05$ ) independiente de la especie que crece a su lado.

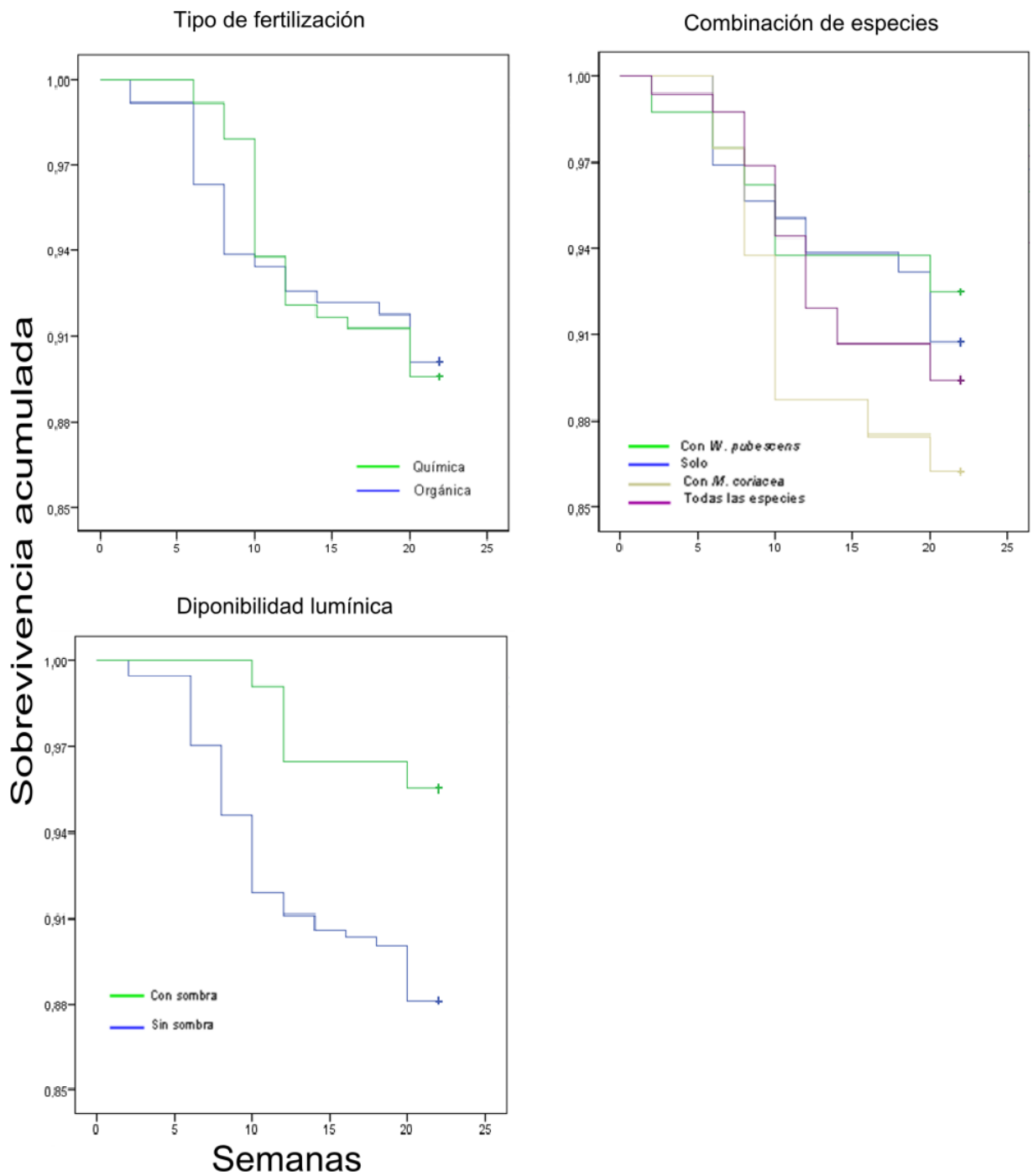
La disponibilidad lumínica afectó tanto la sobrevivencia (K-M,  $X^2= 5,2$ ,  $gl= 1$ ,  $p<0,05$ ) como la TCR (M-W,  $16545$ ,  $p<0,05$ ), siendo favorable una menor incidencia lumínica. En la tabla 9 se muestra los valores promedios para la sobrevivencia y la TCR y los valores p correspondientes para cada uno de los tratamientos evaluados sobre estas dos variables. Las figuras 9 y 10 muestran



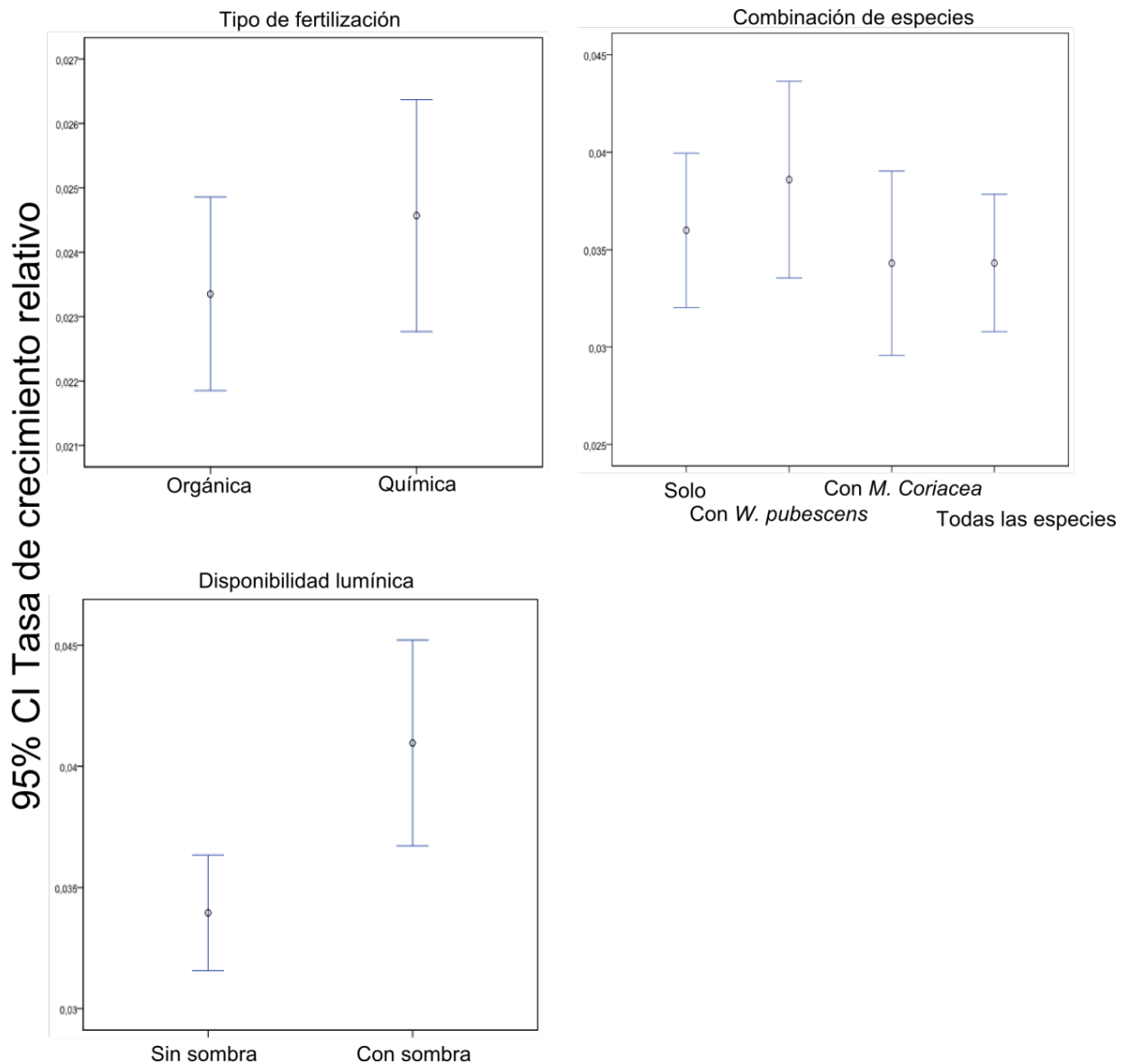
las curvas de supervivencia y los intervalos de confianza del valor promedio de la tasa de crecimiento bajo cada uno de los tratamientos.

**Tabla 9.** Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre TCR y supervivencia en *Q. humboldtii*. a) valores promedios para la supervivencia y TCR. b) valores p de pruebas no paramétricas.

<b>a)</b>		<b>b)</b>		
Nº de individuos	483	<b>Tratamientos</b>	<b>TCR</b>	<b>Supervivencia</b>
Supervivencia (%)	89,9	Tipo de fertilización	0,001	0,894
TCR (cm/día)	0,036	Combinación de especies	0,441	0,585
		Disponibilidad lumínica	0,001	0,023



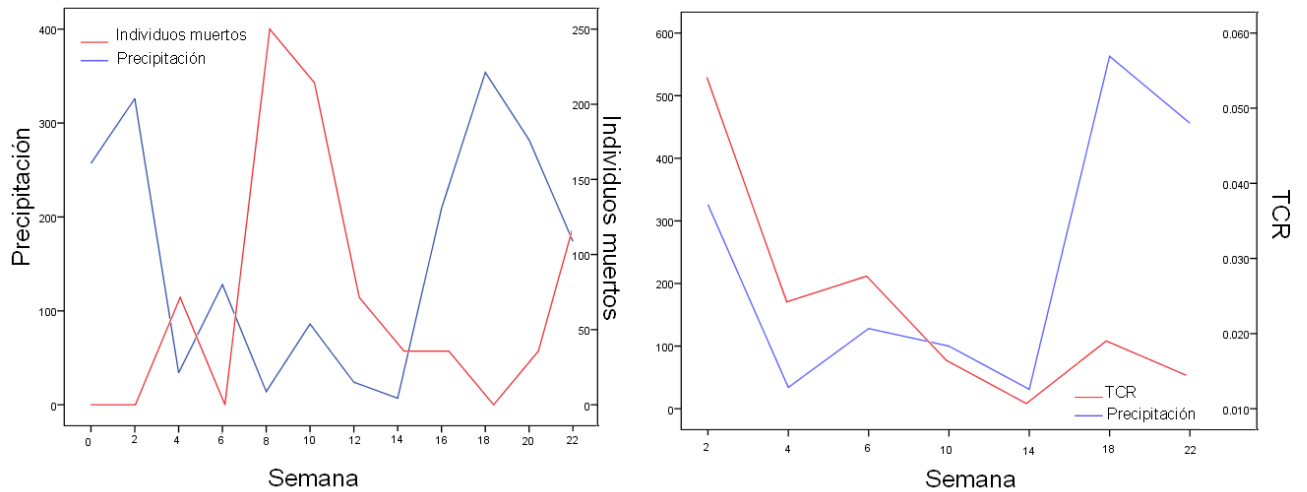
**Figura 9.** Curvas de sobrevivencia para los individuos de *Q. humboldtii*



**Figura 10.** Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre la TCR en *Q. humboldtii*.

### Efecto de la Precipitación

La mayor tasa de mortalidad ocurrió durante la época seca, al igual que la TCR se vio afectada con la disminución de la precipitación (figura 11). Sin embargo, no se encontró una relación lineal o polinomial estadísticamente significativa.



**Figura 11.** Variación de la mortalidad y TCR de *Q. humboldtii* de acuerdo a la precipitación

#### 6.2.4. *Weinmannia pubescens*

Se encontró mayor sobrevivencia (K-M,  $X^2= 112,8$ ,  $gl= 1$ ,  $p<0,05$ ) y crecimiento (M-W,  $U= 23080$ ,  $p<0,05$ ) de los individuos sometidos a fertilización orgánica. Esta especie presentó el mayor porcentaje de mortalidad, siendo muy elevada bajo fertilización química (79,5%).

La combinación de especies no afectó la sobrevivencia ( $X^2= 6,5$ ,  $gl= 3$ ,  $p<0,05$ ) ni la tasa de crecimiento durante el tiempo de monitoreo, siendo esta última marginalmente significativa (K-W,  $X^2= 7,8$ ,  $gl= 3$ ,  $p=0,05$ )

Una exposición total a la incidencia lumínica afectó negativamente la sobrevivencia (K- M  $X^2= 69,1$ ,  $gl= 1$ ,  $p<0,05$ ) pero no a la TCR (M-W,  $U= 16397$ ,  $p>0,05$ ), (Tabla 10).

Las figuras 12 y 13 muestran las curvas de sobrevivencia y los intervalos de confianza para el valor promedio de la tasa de crecimiento bajo cada uno de los tratamientos.

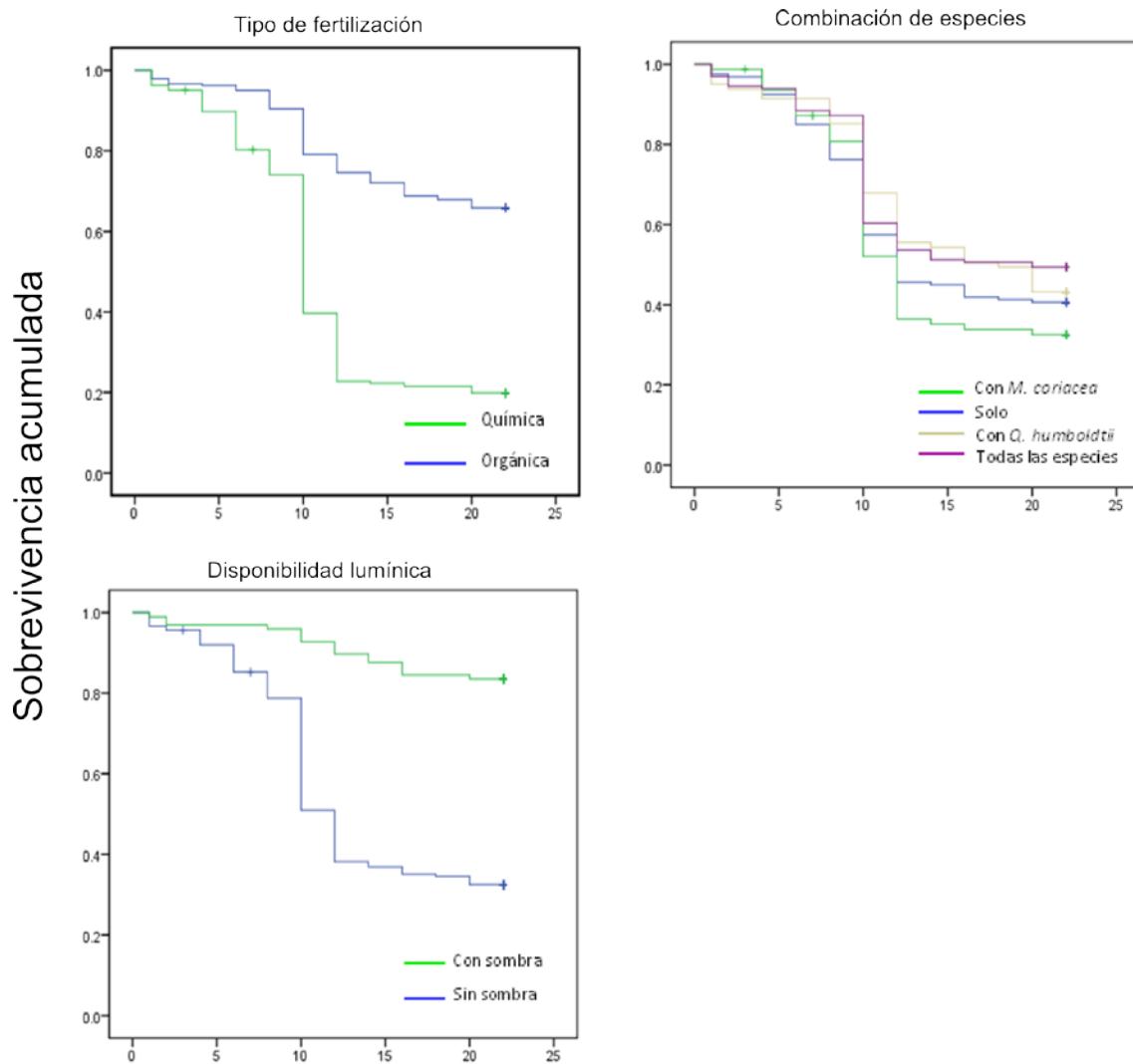
**Tabla 10.** Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre TCR y sobrevivencia en *W. pubescens*. a) valores promedios para la sobrevivencia y TCR. b) valores p de pruebas no paramétricas.

a.

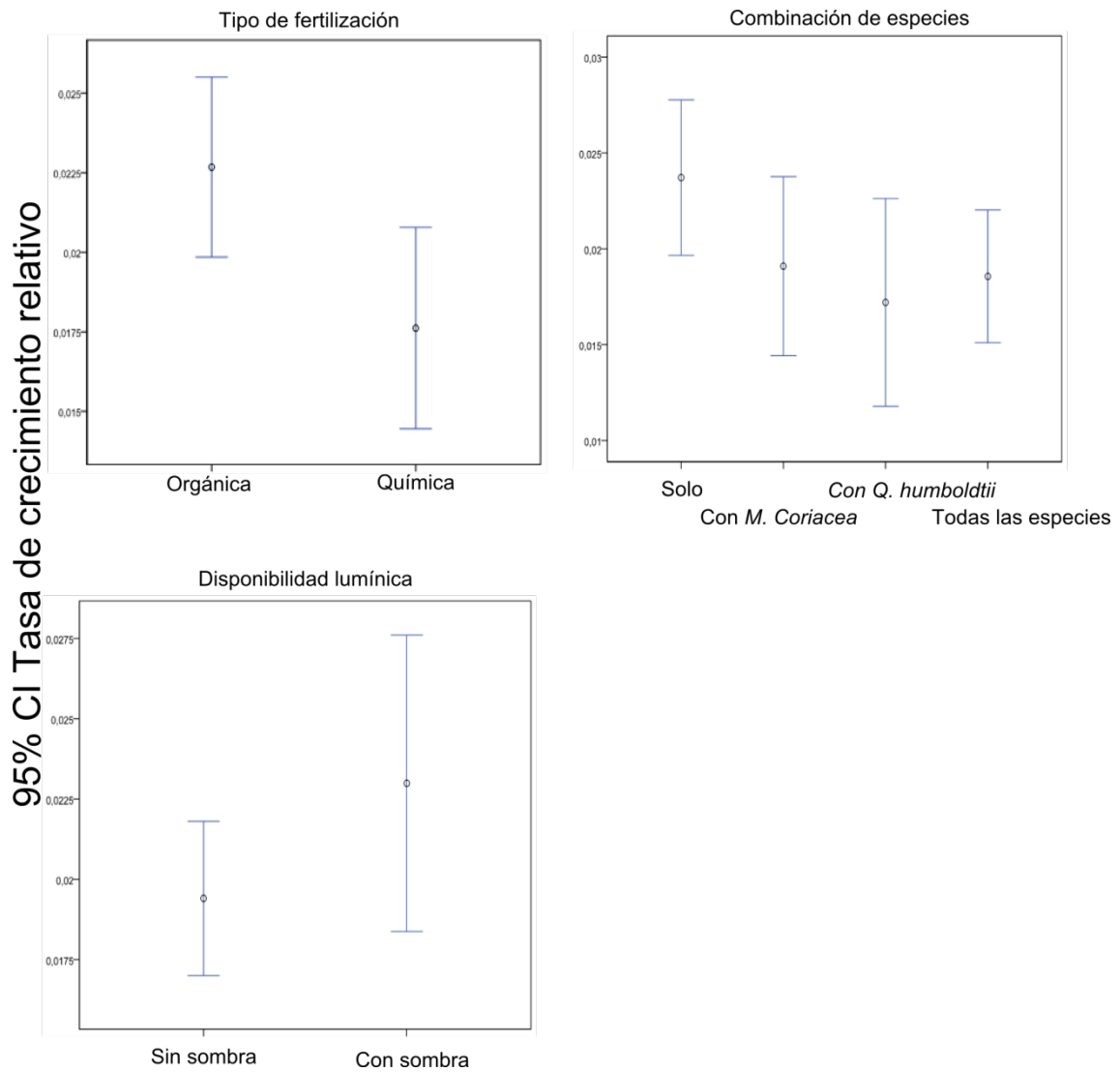
Nº de individuos	484
Sobrevivencia (%)	42,8
TCR (cm/día)	0,020

b.

Tratamientos	TCR	Sobrevivencia
Tipo de fertilización	0,000	0,000
Combinación de especies	0,050	0,088
Disponibilidad lumínica	0,053	0,000



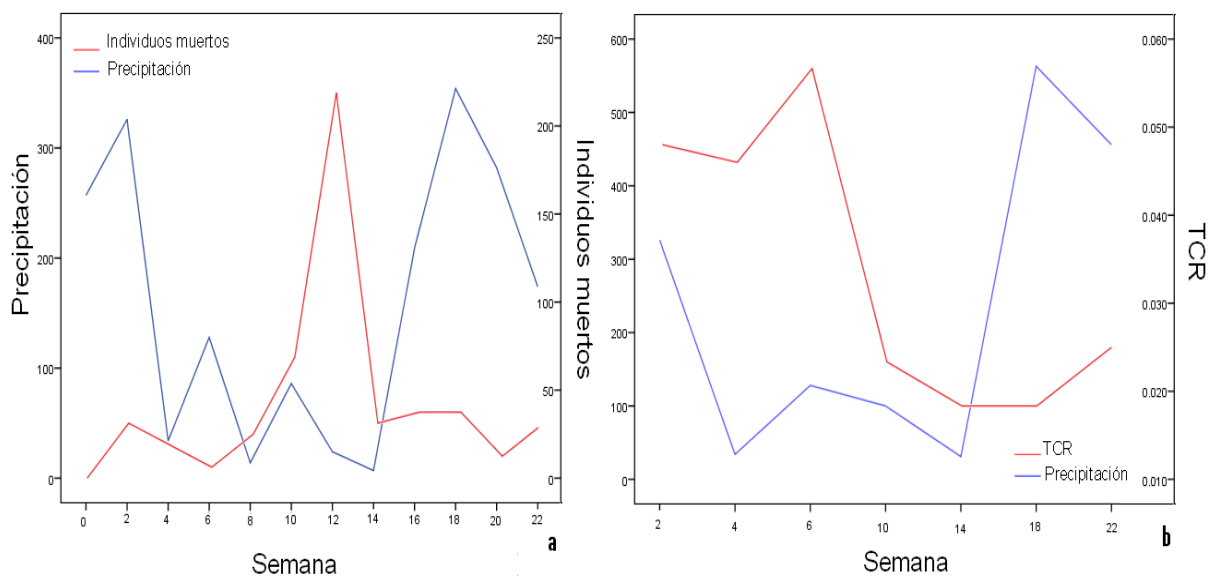
**Figura 12.** Curvas de sobrevivencia para los individuos de *W. pubescens*



**Figura 13.** Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre la TCR en *W. pubescens*

### Efecto de la precipitación

En la figura 14 se observa un mayor número de individuos muertos durante la época seca, al igual que una disminución de la TCR. No se encontró ninguna relación lineal o polinomial estadísticamente significativa entre las variables respuesta y la precipitación.



**Figura 14.** Variación de la mortalidad y TCR de *W. pubescens* de acuerdo a la precipitación

### 6.2.5. *Myrsine coriacea*

El porcentaje de sobrevivencia para esta especie fue mayor en el tratamiento de fertilización orgánica (63,4%) comparado con la fertilización química (40,8%) ( $X^2= 30,3$ ,  $gl=1$ ,  $p<0,05$ ). No hay una diferencia en la tasa de crecimiento relativo según el tipo de fertilización (M- W,  $U=28476$ ,  $p> 0,05$ ).

Al igual que en las otras dos especies evaluadas, la combinación de especies no tiene efecto sobre la sobrevivencia (K-M,  $X^2= 6,7$ ,  $gl= 3$ ,  $p>0,05$ ) y la TCR (K-W,  $X^2= 3,44$ ,  $gl= 3$ ,  $p> 0,05$ ). Por su parte, una disminución de la incidencia lumínica tiene un efecto positivo para la sobrevivencia (K-M,  $X^2= 77,9$ ,  $gl= 1$ ,  $p<0,05$ ) y el crecimiento de los individuos (M-W,  $U=23,084$ ,  $p<0,05$ ).

*M. coriacea* fue la especie con menor tasa de crecimiento relativo y aunque la sobrevivencia fue mayor comparada con *W. pubescens* también se encontró una elevada tasa de mortalidad, especialmente en el tratamiento de fertilización química y bajo exposición total a la luz solar (Tabla 11).

Las figuras 15 y 16 muestran las curvas de supervivencia y los intervalos de confianza para el valor promedio de la tasa de crecimiento bajo cada uno de los tratamientos.

**Tabla 11.** Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre TCR y supervivencia en *M. coriacea*. a) valores promedios para la supervivencia y TCR. b) valores p de pruebas no paramétricas.

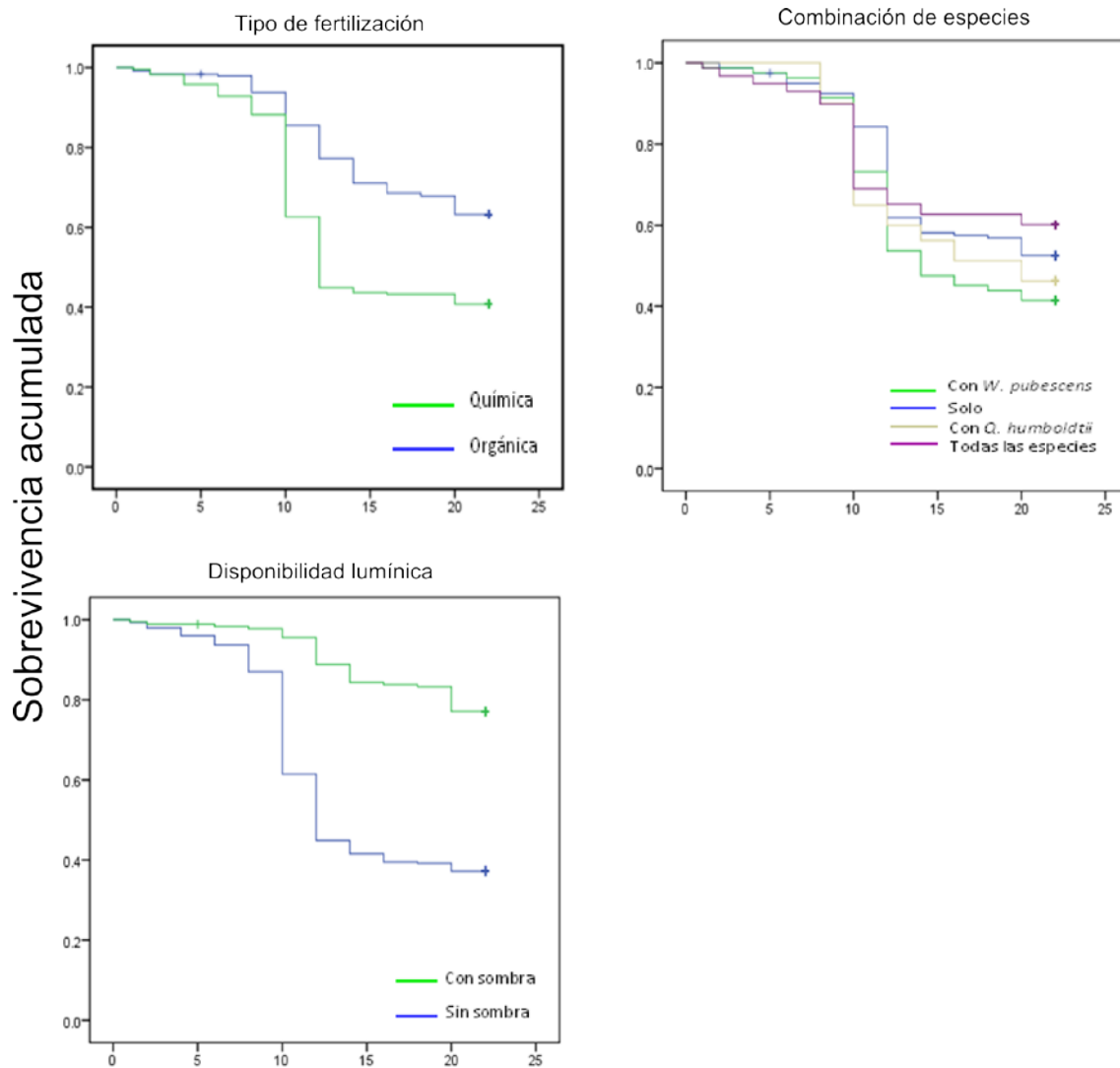
a.

Nº de individuos	481
Supervivencia (%)	52,2
TCR (cm/día)	0,016

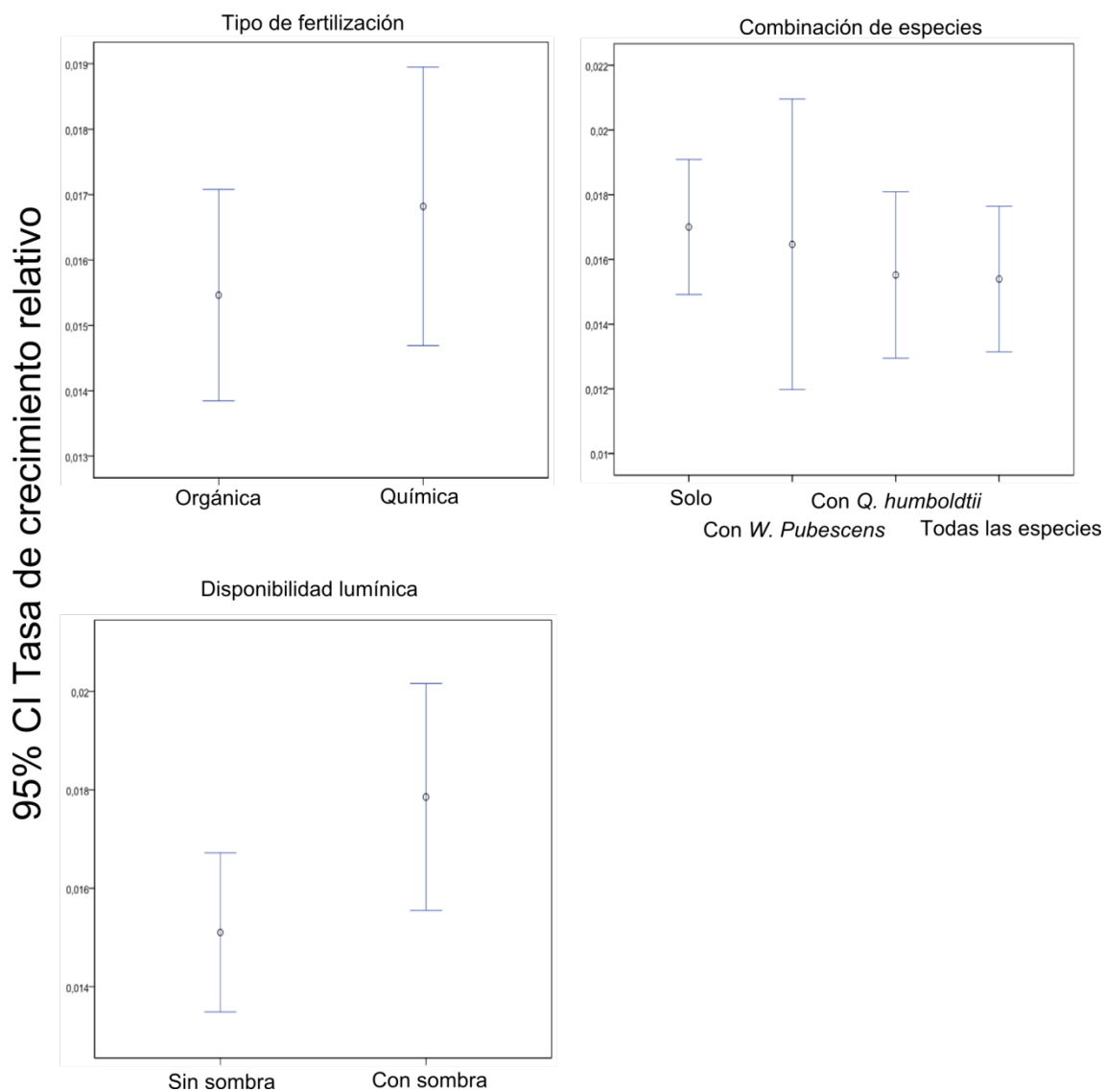
b.

Tratamientos	TCR	Supervivencia
Tipo de fertilización	0,833	0,000
Combinación de especies	0,329	0,082
Disponibilidad lumínica	0,008	0,000





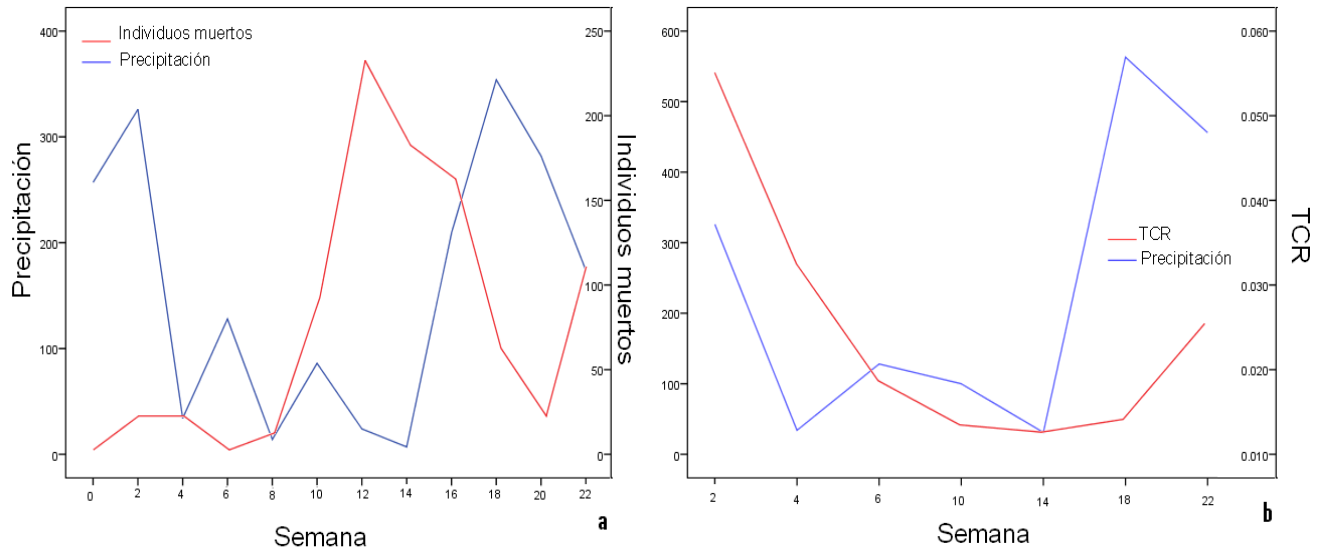
**Figura 15.** Curvas de supervivencia para los individuos de *M. coriacea*



**Figura 16.** Efecto del tipo de fertilización, combinación de especies y disponibilidad lumínica sobre la TCR en *M. coriacea*

### Efecto de la precipitación

Esta especie muestra el patrón observado en *Q. humboldtii* y *M. coriacea*, donde la mayor mortalidad ocurre durante la época de menor precipitación, observándose un efecto muy marcado de la disminución de la TCR junto a la disminución de la precipitación (figura 17). No se encontró ninguna relación lineal o polinomial estadísticamente significativa entre la variable independiente y las variables respuesta.



**Figura 17.** Variación de la mortalidad y TCR de *M. coriacea* de acuerdo a la precipitación

### 6.3. TERCERA FASE

#### 6.3.1. Banco de semillas germinable (BSG)

En total germinaron 1197 individuos pertenecientes a 6 familias y 19 especies. En el BSG predominan las especies de pastos con escasas especies arbustivas. No se encontró ninguna especie arbórea propia de los bosques montanos. Se encontró a la familia Poaceae como el grupo dominante dentro del banco de semillas (Tabla 12).

**Tabla 12.** Composición de especies del banco de semillas germinable (BSG)

Habito	Familia	Especie	Numero de SG
	Asteraceae	<i>Sp 1</i>	4
		<i>Acmella brachyglossa</i>	25
		<i>Ambrosia peruviana</i>	17
		<i>Hypochoaelis radicata</i>	31
		<i>Pseudoelephantopus sp</i>	2
	Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i>	4
	Cyperaceae	<i>Cyperus sp</i>	70
	Iridaceae	<i>Sisyrinchium convolutum</i>	67

Hierba	Lamiaceae	<i>Mentha suaveolens</i>	2
	Poaceae	<i>Axonopus</i>	8
		<i>Holcus lanatus</i>	159
		<i>Melinis minutiflora</i>	12
		<i>Paspalum sp</i>	171
		<i>Sp1</i>	248
	Polygonaceae	<i>Polygonum nepalense</i>	67
	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	53
	Rubiaceae	<i>Spermacoce sp</i>	49
		<i>Galium hypocarpium</i>	8
	<i>Indeterminada</i>	192	
Arbusto	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca bogotensis</i>	8

### 6.3.2. Banco de plántulas y plantas niñeras

En diez de los dieciocho cuadrantes analizados se reporta ausencia de banco de plántula, mientras en los restantes se encontró un pequeño número de representantes de *M. coriaceae*, *Tibouchina sp*, y pocos individuos pertenecientes a la familia Asteraceae. En los cuadrantes que se encontró un banco de plántulas la abundancia no superó los 16 individuos, tomando valores mínimos de dos individuos. El número total de plántulas encontradas para todos los cuadrantes fue de 56, donde la mayoría de ellos pertenecen a la especie *M. coriaceae* (75 %).

Por observación directa del predio a restaurar se encuentra escasas de plantas niñeras que puedan suministrar sombra suficiente para la llegada de nuevas especies vegetales susceptibles a la alta incidencia lumínica característica de los pastizales. Esta condición está fuertemente relacionada con la presencia de una matriz continua de pastos, dificultando en conjunto el establecimiento de otras especies vegetales.

La zona de restauración se encuentra rodeada por bosques dominados principalmente por *Quercus humboldtii* y otras especies vegetales. Sin

embargo, la colonización de este fragmento de bosque por especies arbóreas propias de esta zona de vida es muy baja y se puede evidenciar con la ausencia de estas especies en el BSG y en el banco de plántulas del bosque. La escasez de plantas niñeras puede dificultar que se den los procesos de regeneración.

### **6.3.3. Heladas de la época seca**

La disminución de la temperatura en la noche durante la época seca es una fuerte presión abiótica que enfrentan los bosques de alta montaña (Vargas, 2008; Valladares, 2004). La mayor mortalidad presentada en el estudio fue durante esta época, entre los meses de febrero y marzo, donde las heladas produjeron fuertes daños en hojas o en la planta completa produciendo la muerte en muchas de ellas. El 77% de los individuos muertos durante todo el periodo de monitoreo, fueron reportados en este lapso de tiempo.

### **6.3.4. Barreras sociales**

Considerando que la subregión Norte de Antioquia, la cual incluye Municipios como Donmatías, Santa Rosa de Osos, Belmira, Entreríos y San Pedro de los Milagros, se ha caracterizado porque la mayoría de la tierra explotada se dedica a la producción de leche siendo la principal fuente de ingresos para la comunidad (Gobernación de Antioquia, 2012), el interés de la población en general y de los entes gubernamentales más que la conservación y la recuperación de los servicios ambientales es el mantenimiento de la economía local basada en las prácticas ganaderas, generando una fuerte barrera que impide la recuperación de esta zona al encontrarse en conflicto los intereses económicos y ecológicos.

Para el caso particular del predio Montañita en Belmira, la participación comunitaria fue poca, debido principalmente a la distancia de este de la zona urbana, además de la escases de mano de obra, donde la mayoría de las personas están dedicadas a sus labores de mantenimiento de fincas, y donde la disposición para trabajar fue casi nula. La ubicación del predio, y en general

de la mayoría de las zonas degradadas, requiere acceder por áreas de fuertes pendientes dificultando el transporte de materiales y plántulas haciendo costosas las acciones de restauración; además se dificulta el acceso para personas mayores de edad y niños impidiendo emprender acciones de participación y educación comunitaria con esta población.

## **7. Discusión**

### **7.1. Caracterización florística**

La identificación de la flora se hizo con el objetivo de conocer parte de la estructura florística de la región para identificar especies clave en el proceso de restauración propias del área, siendo componentes fundamentales del ecosistema de referencia. La mayor cobertura vegetal de los Municipios de estudio se ha perdido, dominando pastizales para el mantenimiento del ganado lechero, conservando pocos relictos de bosque natural.

Para toda práctica de restauración la identificación de especies es uno de los puntos de partida crucial para el éxito de esta desde la esfera ecológica, 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, 1999).

A nivel de valor de importancia ecológica de las especies se encontró a *Quercus humboldtii* como la especie con mayor índice de valor de importancia ecológica en cuatro de los cinco bosques considerados. Esto coincide con la dominancia de esta especie en los bosques andinos (Galindo et al., 2003).

### **7.2. Establecimiento de plantas**

La mayor mortalidad de los individuos sembrados bajo fertilización química, podría estar relacionada de manera indirecta con la competencia del pasto, especialmente de *Holcus lanatus*, puesto que el aumento de nutrientes suplementados al suelo favorece su crecimiento y formación de propágulos, y

por lo tanto puede entrar a competir fuertemente con las plántulas (Martínez, 2008). Contrario a esto, la fertilización orgánica no es aprovechada por las gramíneas con el mismo éxito, siendo menor su crecimiento, y por tanto la competencia a la vez puede ser menor. Sin embargo, esta es una hipótesis derivada del estudio que no fue cuantificada. La altura promedio de las plantas sembradas en campo pudo no ser suficiente para disminuir la competencia por las pasturas, produciendo altas tasas de mortalidad y afectando el crecimiento.

Es importante señalar que los resultados presentados en este trabajo se basan en la etapa inicial del establecimiento de las plantas, las cuales se encuentran a dos metros de distancia unas de otras. De esta forma, es de esperarse que no exista una competencia entre individuos de una misma especie o especies diferentes. Sin embargo, los monitoreos a largo plazo permitirán responder a la pregunta si realmente existe un efecto de la especie con la cual coexiste sobre la sobrevivencia y el crecimiento de los individuos.

La disponibilidad lumínica fue uno de los factores que más afectó la sobrevivencia y el crecimiento de los individuos, por lo que a la hora de planear un proceso de restauración que involucre a estas especies deberá diseñarse una estrategia que suministre sombra necesaria para su establecimiento.

Si bien las variables ambientales como la precipitación no son controladas en campo, reconocer los patrones de las épocas secas y lluviosas será de gran ayuda en la decisión del momento en el cual se hará la siembra de plantas para la restauración. En el caso particular del predio Montañita la época de siembra no favoreció el establecimiento de las plantas, pues esta fue muy inmediata a la época de sequía. El trasplante de plantas en los meses de abril donde hay un incremento de la precipitación podría tener un efecto menos drástico en cuanto a sobrevivencia, ya que para los meses de sequía (febrero y marzo) las plantas pueden estar un poco más adaptadas a las condiciones de campo y soportar mejor el estrés hídrico.

### 7.2.1. *Quercus humboldtii*

*Q. humboldtii* es una especie que se encuentra creciendo en diferentes tipos de suelos, desde los medianamente fértiles hasta los degradados y casi estériles. La luz solar es un factor importante durante las primeras etapas de su crecimiento presentando exigencias cada vez mayores frente a este requerimiento (Aguilar, 2009). La tolerancia que presenta frente a diversas condiciones edáficas explica su alta probabilidad de sobrevivencia independiente del tipo de fertilización recibida.

En estudios reportados por Ramírez et al. (2003) se encontró mayor éxito de crecimiento cuando se les suministra sombra a los individuos durante los primeros años de crecimiento. Además Cabezas et al. (2008) encontraron para el caso de siembra monoespecífica de *Q. humboldtii* una limitación de las tasas de crecimiento. Por lo tanto, una combinación de especies favorecería el establecimiento de éstas. Sin embargo, en el presente estudio no se encontró un efecto de la combinación de especies para el crecimiento y sobrevivencia, siendo posible que el monitoreo por un periodo de tiempo más prolongado evidencie resultados diferentes a los encontrados hasta el momento.

Esta especie es una planta de distribución histórica en la zona formando asociaciones monoespecíficas, debido a su adaptación a diversas condiciones bióticas y abióticas (Aguilar, 2009). Por lo que se podría decir que tiene una ventaja comparativa con las otras dos especies, lo que no hace sorprendente su mayor probabilidad de sobrevivencia y mayor tasa de crecimiento.

El uso de esta especie en proyectos de restauración de bosques montanos podría ser una valiosa iniciativa no solo por el éxito mostrado en el proceso de restauración sino por ser una especie nativa que se encuentra en la categoría UICN como vulnerable (VU) (Salinas *et. al*, 2007), resultado del uso de la madera por parte de las comunidades para la construcción de viviendas, leña, carbón vegetal o como la deforestación para el establecimiento de sistemas ganaderos. Además, *Q. humboldtii* ha sido reportada por su gran utilidad como mitigante de las emisiones de carbono, al encontrar una elevada capacidad de



captura de este comparado con otras especies vegetales (Castellanos et al., 2011). Sin embargo, debido a su buena adaptación a los ecosistemas montanos el esfuerzo debería centrarse en la conservación de parches de bosques y permitir su expansión de forma natural, para dirigir esfuerzos de restauración asistida en otras especies de igual importancia ecológica pero más susceptibles de resistir condiciones adversas. Es decir, *Q. humboldtii* requiere esfuerzos de restauración pasiva más que prácticas activas como las desarrolladas en este estudio para estos ecosistemas. El objetivo de las prácticas de conservación y restauración de bosques es mantener la diversidad biológica de estos, por lo tanto el interés podría centrarse en la recuperación de especies vegetales que necesiten unas condiciones más exigentes para su establecimiento.

### **7.2.2. *Weinmannia pubescens***

Distribuida en Colombia y Venezuela. En el país se encuentra entre 1700 y 3000 metros de altitud. Se ha reportado su capacidad de crecer en bordes de bosques maduros, caminos e invadiendo potreros. El banco de plántulas se encuentra comúnmente en barrancos y orillas de camino (Vargas, 2002).

Entre las especies evaluadas *W. pubescens* presentó la mayor probabilidad de mortalidad principalmente en la época de heladas, indicando que es muy susceptible a cambios ambientales como la disminución de la temperatura durante la noche del verano. Sin embargo, se observó que esta especie posee la capacidad de reiterar sus brotes cuando mejoran las condiciones ambientales, encontrándose que un 20% de los individuos que habían sido reportados como muertos, pudieron emerger nuevos brotes. Por lo tanto, esta especie tiene gran capacidad de rebote de sus troncos. *W. pubescens* se ha considerado como especie clave en procesos de restauración por su alto potencial para recuperar las zonas degradadas o alteradas (Vargas et al., 2011).

Esta es la especie con mayor dificultad de manejo desde la etapa de germinación hasta el trasplante en campo debido a sus bajas tasas de

sobrevivencia. Vargas (2002) ha reportado a las especies del género *Weinmannia* como poco exigentes a las condiciones de suelo y luminosidad, lo que coincide con el presente estudio en que una menor disponibilidad lumínica favorece el establecimiento de *W. pubescens*.

### **7.2.3. *Myrsine coriacea***

Esta especie se encuentra distribuida en Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú. En Colombia se distribuye en las tres cordilleras entre 1400 y 3200 metros de altitud. Crece en áreas abiertas, rastrojos, bosques secundarios y robledales (Lázaro et al, 2003).

*M. coriacea* es una especie pionera importante para la restauración natural de bosques montanos (Slocum et al., 2004), la cual ha sido reportada por su importante asociación con aves. Solange et al. (2009), encontraron 31 especies de aves que visitaron individuos de esta especie para consumir sus frutos, usarlas como perchas o para forrajear. Debido a su importancia como fuente de alimento y hábitat para las especies de aves es de gran prioridad en proyectos de restauración que permita la recuperación de especies vegetales y además la fauna asociada a ella.

Los escasos individuos que se encuentran en el banco de plántulas pertenecen a la especie *M. coriacea*, debido posiblemente a su relación con algunas aves. Estas se alimentan de sus frutos y a la vez las semillas después de pasar por el tracto digestivo del ave y ser devueltas al medio germinan fácilmente (Solange et al., 2009). Esto indica la importancia de esta especie en procesos de regeneración de bosques.

Al igual que *W. pubescens*, *M. coriacea* mostró gran susceptibilidad a la disminución de la temperatura durante las heladas y posterior reiteración meristemática. Por lo tanto, se requiere evaluar estas especies como posibles facilitadoras de la resiliencia de un ecosistema al poseer la capacidad de recuperarse después de una perturbación natural como son las heladas durante las noches de verano.

Los requerimientos que favorecen el establecimiento de esta especie se debe una disminución de la exposición a la luz solar y al uso de fertilizante orgánico.

### **7.3. Barreras a la restauración**

#### **7.3.1. Banco de semillas**

En el análisis de banco de semillas germinables no se encontró ninguna especie arbórea característica del bosque que rodea el predio Montañita como es *Q. humboldtii*, *Clusia sp*, *Tibouchina lepidota*, *Weinmannia pubescens*, *Drymis granadensis*, entre otras. Esto puede deberse a que estas especies no tienen la capacidad de formar bancos de semilla, al ser generalmente semillas grandes, no poseer mecanismos de dormancia, ser de corta viabilidad, o ser predadas rápidamente después de la dispersión. (Fenner 1995, citado en Vargas, 2011). La ausencia de especies pioneras en el banco de semillas que faciliten el proceso de sucesión natural muestra una débil capacidad de recuperación actual del bosque, por lo que se hace de suma importancia la necesidad de implementar la práctica de restauración asistida en estas áreas.

Autores como Vargas (2008) y Miller (1999) han reportado la pérdida del banco de semillas de las especies originarias del bosque debido a la alteración ocasionada por el establecimiento de potreros, siendo esta una de las barreras bióticas que se debe enfrentar en la restauración de áreas dedicadas a la ganadería.

El banco de semillas está representado por especies que poseen la capacidad de crecer en áreas alteradas y de pastoreo como es *Lachemilla orbiculata* (Missouri Botanical Garden), *Phytolaccas bogotensis* (Fonnegra et al., 2007), *Holcus lanatus* (Martínez, 2008) y representantes de la familia Cyperacea (Vargas, 2008), evidenciando el alto grado de alteración del área donde dominan especies herbáceas.

*H. lanatus* es una de las especies de mayor abundancia en el banco de semillas y una de las que domina en la matriz de pasto del predio Montañita.

Esta podría ser una de las principales competidoras de las plántulas del bosque, dificultando además la germinación de las semillas de especies nativas que pueden ser dispersadas, debido su abundancia y capacidad de desarrollar un sistema radicular altamente competitivo que le permite adaptarse a un amplio rango de suelos y aprovechar los nutrientes de estos (Martínez, 2008).

### **7.3.2. Banco de plántulas y plantas niñeras**

La existencia del banco de plántulas al igual que el banco de semillas es importante para entender el potencial de regeneración de las áreas a restaurar. En nuestro caso la ausencia de plántulas en la mayoría de los sitios refleja la poca capacidad de regeneración natural, debido posiblemente a causas de competencia con el pasto, alta incidencia lumínica y/o poca dispersión de semillas. Pese a que se encontraron cuadrantes con individuos en el banco de plántulas su abundancia fue baja.

Debido a las presiones por el uso del suelo que se le ha dado a la zona, los bosques fueron degradados y convertidos en pastizales para el establecimiento de producción ganadera. El reemplazo de especies vegetales nativas por pastizales genera una alta incidencia lumínica además de otros factores como la compactación del suelo que dificulta el establecimiento de nuevas individuos de especies vegetales (Vargas, 2008). La ausencia de plantas niñeras es una de las barreras principales a superar en proyectos de restauración que incluya especies como *M. coriacea* y *W. pubescens*, debido a la susceptibilidad que muestran frente a una total exposición lumínica.

### **7.3.3. Barreras sociales**

Entre los principales motivos que genera la degradación de la vegetación original se encuentra la tenencia de la tierra y el afán de los propietarios de obtener ganancias en el corto y mediano plazo por medio del establecimiento de potreros para la ganadería lechera (EPM, 1994). Sin embargo, no se puede ignorar el hecho de que estas prácticas que atentan contra la salud del

ecosistema son realizadas por la población en busca de un desarrollo económico.

El interés y la participación de la población por recuperar los bienes y servicios ambientales perdidos por la degradación de los bosques facilitaría el éxito de la restauración (Howell et al., 2012). Sin embargo, lograr esta posición de los ciudadanos que dependen de las actividades que degradan el medio natural como es la ganadería es una cuestión muy compleja donde se debe integrar el manejo de los recursos naturales con el beneficio económico de la población.

## **8. Conclusiones**

Se requiere evaluar las especies *W. pubescens* y *M. coriacea* como posibles especies facilitadoras de la resiliencia de ecosistemas de bosques andinos debido a la capacidad de reiterar sus meristemas después de una perturbación natural como son las heladas. Por lo que vale la pena centrar esfuerzos en la recuperación de estas especies que además brindan hábitat y fuente alimento para muchos animales potenciado aún más su capacidad de recuperar áreas degradadas

Es recomendable evaluar el éxito de establecimiento de las especies consideradas en este estudio usando plantas niñeras que puedan mejorar las condiciones microclimáticas para los individuos, ya que si bien *W. pubescens* y *M. coriacea* han sido reportadas por su capacidad de crecer en áreas abiertas (Lázaro et al., 2003; Vargas, 2002), los resultados de este estudio sugieren que el suministro de sombra mejoraría su desempeño como especies clave en procesos de restauración.

El éxito mostrado por *Q. humboldtii* explica su capacidad de formar asociaciones monoespecíficas, dominando en muchos ecosistemas de alta montaña, debido principalmente a esas características particulares que la hacen exitosa para sobrevivir independiente de las condiciones de nutrientes, la especie que crezca a su lado, y aunque muestra una respuesta favorable a

menor incidencia lumínica el efecto de esta no fue tan grave en términos de sobrevivencia como ocurre con las demás especies.

Considerando la problemática ambiental ocasionada por el uso excesivo de fertilizantes químicos, es de resaltar que este solo favoreció el crecimiento de *Q. humboldtii*, contrario a *W. pubescens* que presentó mayor probabilidad de sobrevivencia y mayor TCR en medio con fertilización orgánica. Por su parte, la sobrevivencia de *M. coriacea* también se vio favorecida por la fertilización orgánica mientras la TCR fue igual para los dos tipos de fertilización. Por estas razones vale la pena potenciar el uso de fertilización orgánica como alternativa de suplemento del suelo en proyectos que implique la siembra de plantas.

Se pudo distinguir algunas barreras bióticas, abióticas y sociales. Entre las barreras bióticas se encuentra la ausencia de un banco de semillas, escases de un banco de plántulas, presencia de una matriz continua de pasto y ausencia de plantas niñeras impidiendo el establecimiento de especies vegetales. La principal barrera abiótica se debe a las heladas en las noches de verano y como barrera social la poca participación comunitaria y la incompatibilidad de la restauración con la principal fuente de ingresos para la región, siendo esta la ganadería.

La mayor mortalidad de los individuos ocurrió durante la época de menor precipitación, por lo que se recomienda realizar un análisis que permita conocer las épocas secas y épocas lluviosas con el propósito de minimizar el estrés ocasionado por la sequía en el momento del trasplante de plántulas al campo.

Es necesario reconocer la importancia y la necesidad de realizar esfuerzos de compra de predios estratégicos por parte del Estado para la conservación y restauración, desarrollando estrategias sostenibles que permitan mantener el desarrollo económico y el cuidado ambiental, generando el menor impacto a los servicios ambientales y enfrentando de manera más adecuada la problemática social que esto conlleva.

Cabe señalar que la restauración ecológica es una práctica a largo plazo, por lo que se considera necesario continuar el proyecto a una escala de tiempo mayor, teniendo un monitoreo más completo y diseñando estrategias que permita vincular a la comunidad para garantizar el éxito de la restauración.

Se hace necesario considerar los costos que implica el mantenimiento del área a restaurar, especialmente cuando se siembran plantas sin un tamaño adecuado, puesto que se requiere de plateos para impedir la competencia con el pasto. Por lo tanto, debe considerarse los costos adicionales de mano de obra y materiales que se requiere como garantía de la continuación de estos proyectos.

El propósito de este trabajo no es proponer la práctica de la restauración de bosques en Municipios de actividad ganadera en detrimento de la economía y los intereses locales, sino identificar zonas estratégicas de restauración que permitan mitigar el efecto que tiene sobre el ecosistema la explotación de los recursos naturales.

## 9. AGRADECIMIENTOS

A Nancy Aleida Betancur Álvarez, Tiberio Elías Moreno Delgado, Hermanos y a toda mi familia en general por su apoyo y acompañamiento.

A Amparo Moreno por sus enseñanzas durante mi proceso de formación personal.

A Eliecer Tabares Duque y familia por la colaboración durante el trabajo de campo y acompañamiento personal.

A mi asesora Sandra Eugenia Cuartas por toda su ayuda durante la realización de este trabajo.

Al grupo de ecología microbiana, en especial a la Profesora Pilar Lizarazo y Ana Cristina por la colaboración brindada.

A la corporación de patologías tropicales.

Al CODI por la financiación del proyecto.

Al Profesor Fernando Álzate y a la Profesora Aura Urrea por sus sugerencias y recomendaciones.

A cada uno de mis profesores por sus enseñanzas durante mi proceso de formación académica.

A los funcionarios del Herbario de la Universidad de Antioquia por su colaboración durante el proceso de secado del material vegetal y su identificación.

A Wilson Rodríguez por sus sugerencias y colaboración en el proceso de identificación vegetal.



A mis compañeros por su ayuda durante el trabajo de campo: John Pimienta, Ana Nidia Estrada, Catalina Hernández, Juan Pablo Londoño, Juan Pablo Franco, Cristian Javier Acosta, Cecilia Zumajo Cardona, Angelly Vásquez, Santiago Varela, Henry Arenas, Ingrid Guaraca.

A la Oficina del DMI de Belmira: Adolfo León Correa Silva, Héctor Rojas, Morelia Del Socorro Londoño, Jesús Emilio Londoño Múnera, Jhon Jairo Uribe Londoño, Reineiro de Jesús Tobón.

Al Cabildo Verde de Belmira, en especial a Don Albeiro Aguirre y el Director Augusto Tamayo.

A todas las personas que de una u otra forma estuvieron implicadas en este proceso.

Y por supuesto, gracias a mi Dios.

## 10. REFERENCIAS

- Aguilar M, Barrera J, Rondón D. 2008. Experiencias de restauración ecológica en Colombia. 250 pág. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Aguilar, M (2009). Plan de restitución poblacional de *Quercus humboldtii* bonpl. en la reserva forestal protectora el robledal, Cundinamarca, Colombia.
- Alcolcer S, Batis A, Gual M, Sánchez C, Vásquez C. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y reforestación. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Aristizábal F, Hermelin M. 2008. Los caminos del ganado en las tierras altas del departamento de Antioquia: una primera aproximación. Boletín de Ciencias de la Tierra. N° 24.
- Barrera J, Valdés C. 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. Universitas Scientiarum. Volumen 12, paginas 11-24.
- Cabezas M, Peña F, Díaz C, Moreno, A. 2008. Dosel de tres especies forestales y su relación con la adaptación a suelos degradados por erosión. Revista U.D.C.A actualidad y divulgación científica. Volumen 11 (2). Pág. 175-185.
- Castellanos, C; Gómez, P; Rodríguez, N. 2011. Síntesis simposio sobre selección de especies vegetales para la restauración ecológica. En: la restauración ecológica en la práctica: Memorias del I congreso Colombiano de restauración ecológica. Vargas J, Gómez P (Editores) Universidad Nacional de Colombia. Pág. 250-253.
- CORANTIOQUIA. 2009. Identificación y valoración de los sistemas productivos en el área de manejo especial del sistema de páramos y bosques Altoandinos del Noroccidente Medio Antioqueño con el fin de establecer mecanismos de compensación. Medellín.

- Empresas públicas de Medellín (EPM), Inderena, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia. 1994. Reporte preliminar de la biodiversidad en los páramos de Belmira y Santa Inés. Medellín.
- Fonnegra, Ramiro G, Silvia Luz Jiménez. 2007. Plantas medicinales aprobadas en Colombia. *Phytolaccas bogotensis*. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Pág. 126.
- Galindo, R; Betancur, J; Cadena, J. Estructura y composición florística de cuatro bosques Andinos del Santuario de Flora y Fauna Guanentá, Alto Río Fonce, Cordillera Oriental Colombiana. *Caldasia* 25 (2). Pág. 313-335.
- Gentry, Alwyn (1982). Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical Montane Forest. *Biodiversity and conservation of Neotropical Montane Forest*. Pág. 103- 126. Editado por Churchill Stephen, 1995.
- Gobernación de Antioquia. 2012. Antioquia se debe convertir en un distrito lechero. Sergio Fajardo. Medellín.
- González M, Rey J, Ramírez N. 2008. Restauración de Bosques en América Latina. Fundación internacional para la Restauración de Ecosistemas. México. Pág. 237
- Guevara, O. 2002. Deforestación y medio ambiente en Colombia. [http://www.contraloriagen.gov.co/c/document\\_library/get\\_file?p\\_l\\_id=25611&folderId=20989917&name=DLFE-25072.pdf](http://www.contraloriagen.gov.co/c/document_library/get_file?p_l_id=25611&folderId=20989917&name=DLFE-25072.pdf). Fecha de consulta: abril 2011.
- Howell E, Harrington J, Glass S. 2012. Working with people. Parte de: *Introduction to Restoration Ecology*. Island Press. Washington. Pág. 359-372.
- IDEAM. (2002). Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Capítulo 1: aspectos generales. En línea:

<https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/018781/CAP1.pdf>.

- Instituto Agustín Codazzi, 2002. Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia. Capítulo 2. Coberturas y uso actual de las tierras de Colombia. Bogotá, D.C.
- Lázaro J, Echeverry A. 1998. Caracterización de la diversidad vegetal de diez bosques Altoandinos en la jurisdicción de CORANTIOQUIA. Corporación autónoma regional del centro de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Lázaro J, Vanegas G. 2003. Flora de los Páramos y Bosques Altoandinos del Noroccidente Medio de Antioquia. CORANTIOQUIA. Primera edición. Medellín. 180 paginas.
- Martínez, M. 2008. *Holcus lanatus*. Revista plan agropecuario. Volumen 125. Pág. 45-55.
- Meli P. 2010. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. Interciencia. Volumen 21(10).
- Miller, P. 1999. Effects of deforestation on seed banks in a tropical deciduous forest of western Mexico. Journal of Tropical Ecology (15). Pág. 179-188.
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. 2010. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación. Pág. 1-18. República de Colombia.
- Missouri Botanical Garden. En línea: [www.mobot.org](http://www.mobot.org). Fecha de consulta: Julio 2012.
- Molinero L. 2001. Tiempo hasta que ocurra un suceso: análisis de sobrevivencia. Asociación de la sociedad Española de hipertensión. En línea: <http://www.seh-lilha.org/pdf/superviv1.pdf>.

- Mostacedo B, Fredericksen T. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y análisis en Ecología vegetal. Santa Cruz de la Sierra.
- Murgueitio, E. 2003. Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución; *Livestock Research for Rural Development 15 (10)*. Cali, Colombia.
- Murgueitio E, Cuartas C; J. Naranjo (eds). 2008. Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. 490p.
- Programa de Gobierno de Belmira. 2006. En línea: <http://www.antioquia.gov.co/antioquia-v1/organismos/planeacion/descargas/instructivos/belmira.pdf>
- Ramírez J, Zapata C, León J. 2003. Descomposición de hojarasca en bosques montanos naturales de *Quercus humboldtii* y reforestados (*Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*) de la región de Piedras Blancas, Antioquia. Medellín. Universidad Nacional de Colombia.
- Robles C. 2006. Caracterización de la diversidad y uso de la flora silvestre en el municipio de Donmatías – Antioquia. Corporación autónoma regional del centro de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Salina N, Cárdenas L. 2007. Roble: *Quercus humboldtii*. P 203-209. En: Libro rojo de plantas de Colombia, Vol. 4. Serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Instituto Amazónico de investigaciones científicas SINCHI. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 232 p. Bogotá.
- SER. Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. [www.ser.org](http://www.ser.org).
- Sistema de información sectorial (SIS).2008. Ganadería. Finagro. Colombia. Pág. 30. En línea: <http://mvz.unipaz.edu.co/textos/manuales/ganaderia.pdf>.

- Slocum MG, Aide TM, Zimmerman JK, Navarro L. 2004. Natural regeneration of subtropical montane forest after clearing fern thickets in the Dominican Republic. *Journal of Tropical Ecology*. 20: 483–486.
- Solange E, Petry V. 2009. Frugivory by birds in *Myrsine coriacea* (Myrsinaceae) inhabiting fragments of mixed Araucaria Forest in the Aparados da Serra Natural Park, RS, Brazil. *Revista Brasileira de ornitología*, 17 (2). Pág. 113-120.
- Tabosura, I. 2006. Una visión integral de la biodiversidad en Colombia. Universidad de Caldas. En línea: [http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/cd41ee01Revista2\\_4.pdf](http://lunazul.ucaldas.edu.co/downloads/cd41ee01Revista2_4.pdf).
- Valladares, F. 2004. Heterogeneidad ambiental y nichos de regeneración. Parte de: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Pág.28-69.
- Vargas W.G. 2002. Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales. Manizales. Universidad de Caldas. Centro Editorial. Pág. 253- 256.
- Vargas O. (Ed). 2007. Guía metodológica para la restauración ecológica del Bosque Altoandino. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, departamento de Biología.
- Vargas O. 2008. Estrategias para la restauración ecológica del bosque Altoandino: el caso de la reserva forestal municipal del Cogua. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá. 372 p.
- Vargas O, Gómez P. 2011. Grupos funcionales de especies promisoras para la restauración ecológica con base en sus rasgos de historia de vida en la Reserva natural Ibanasca (Ibagué, Tolima, Colombia). En: *la restauración ecológica en la práctica: Memorias del I congreso Colombiano de restauración ecológica*. Universidad Nacional de Colombia. Pág. 239-247.

- Vargas O, Reyes S, Gómez P, Díaz J. 2010. Guía técnica para la restauración de ecosistemas. Grupo de restauración ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Pág. 4- 28.
- Whisenant S. 1999. Repairing damaged wildlands: a process- orientated, landscape- scale approach. Cambridge, New York. Pág. 128- 167.
- Zamora R. 2002. La restauración ecológica: una asignatura pendiente. Revista de divulgación científica y técnica de ecología y medio ambiente. Nº 1. Universidad de Granada.

## 11. Anexos

### 1. Municipio de Entreríos

Vereda la Ponderosa

Coordenadas: N 6°32'48" W75°32'26"

Altitud: 2322 msnm

Nº	Especie	Familia	Abund.	Frecuen. Rel	Domin. Rel	Abund. Rel	IVI
1	<i>Ilex laurina</i>	Aquifoliaceae	47	6,20	14,67	12,98	33,86
2	<i>Piper archeri</i>	Piperaceae	47	6,98	6,15	12,98	26,11
3	<i>Zanthoxylum melanostichum</i>	Rutaceae	38	6,20	5,41	10,50	22,11
4	<i>Bejaria aestuans</i>	Ericaceae	23	6,20	8,71	6,35	21,27
5	<i>Schefflera sp1</i>	Araliaceae	21	5,43	7,75	5,80	18,98
6	<i>Myrcia splendens</i>	Myrtaceae	24	6,98	4,14	6,63	17,74
7	<i>Hedyosmum racemosum</i>	Chlorantaceae	23	6,20	4,27	6,35	16,82
8	<i>Schefflera sp3</i>	Araliaceae	18	4,65	1,23	4,97	10,85
9	<i>clusia multiflora</i>	Clusiaceae	6	2,33	5,37	1,66	9,36
10	<i>Alchornia grandiflora</i>	Euphorbiaceae	8	3,10	2,89	2,21	8,20
11	<i>Panopsis yolombo</i>	Proteaceae	9	3,10	2,18	2,49	7,77
12	<i>Weinmania pubescens</i>	Cunoniaceae	7	3,88	1,84	1,93	7,65
13	<i>Lozania mutisiana</i>	Lacistemataceae	4	1,55	4,68	1,10	7,33
14	<i>Rhamnus goudotiana</i>	Rhamnaceae	7	2,33	2,30	1,93	6,56
15	<i>Cavendishia bracteata</i>	Ericaceae	9	3,10	0,92	2,49	6,50
16	<i>Palicourea garciae</i>	Rubiaceae	6	2,33	1,60	1,66	5,58
17	<i>Abarema lehmannii</i>	Mimosaceae	5	1,55	2,64	1,38	5,57
18	<i>Paragynoxis corey</i>	Asteraceae	6	2,33	1,38	1,66	5,36
19	<i>Vismia laevis</i>	Hiperacaceae	4	1,55	2,60	1,10	5,25
20	<i>Myrsine guianensis</i>	Myrsinaceae	4	1,55	2,55	1,10	5,21
21	<i>Schefflera bejucosa</i>	Araliaceae	1	0,78	3,20	0,28	4,25
22	<i>Schultesianthus coriaceus</i>	Solanacea	4	1,55	0,92	1,10	3,58
23	<i>Clusia ducu</i>	Clusiaceae	4	1,55	0,71	1,10	3,36
24	<i>Escallonia paniculata</i>	Escalloniaceae	2	0,78	1,86	0,55	3,19
25	<i>Miconia lehmannii</i>	Melastomataceae	4	1,55	0,52	1,10	3,17
26	<i>Ladenbegia macrocarpa</i>	Rubiaceae	1	0,78	2,02	0,28	3,08
27	<i>Godoya antioquensis</i>	Ochnaceae	2	0,78	1,03	0,55	2,36
28	<i>Guatteria goudotiana</i>	Annonaceae	2	0,78	0,98	0,55	2,31
29	<i>Saurauia brachybotrys</i>	Actinidaceae	2	0,78	0,79	0,55	2,12
30	<i>Pentacalia trianae</i>	Asteraceae	3	0,78	0,43	0,83	2,04
31	<i>Palicourea sp1</i>	Rubiaceae	3	0,78	0,39	0,83	2,00
32	<i>Clusia ducuooides</i>	Clusiaceae	1	0,78	0,87	0,28	1,93
33	<i>Persea chrysophylla</i>	Lauraceae	1	0,78	0,73	0,28	1,78



34	<i>Styrax davillifolius</i>	Styracaceae	1	0,78	0,51	0,28	1,56
35	<i>Gaiadendron punctatum</i>	Loranthaceae	1	0,78	0,48	0,28	1,53
36	<i>chrysoclamys colombiana</i>	Clusiaceae	2	0,78	0,13	0,55	1,46
37	<i>Schefflera sp 2</i>	Araliaceae	2	0,78	0,12	0,55	1,45
38	<i>Palicourea sp2</i>	Rubiaceae	2	0,78	0,12	0,55	1,45
39	<i>Ocotea floribunda</i>	Lauraceae	1	0,78	0,24	0,28	1,29
40	<i>Pentacalia sp2</i>	Asteraceae	1	0,78	0,20	0,28	1,25
41	<i>Ilex danielis</i>	Aquifoliaceae	1	0,78	0,17	0,28	1,22
42	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Rosaceae	1	0,78	0,09	0,28	1,14
43	<i>Clethra fagifolia</i>	Clethraceae	1	0,78	0,08	0,28	1,13
44	<i>Verbesina arborea</i>	Asteraceae	1	0,78	0,04	0,28	1,09
45	<i>Sp 1</i>	Moraceae	1	0,78	0,04	0,28	1,09
46	<i>Symplocos</i>	Symplocaceae	1	0,78	0,04	0,28	1,09
<b>Sumatoria</b>			362	100	100	100	300,00

## 2. Municipio de Santa Rosa de Osos

Vereda: La Pontezuela

Coordenadas: N 06°34'18``; W 075°26'18,3`

Altitud: 2543 msnm

Nº	Especie	Familia	Abund.	Frecuen. Rel	Domin. Rel	Abund. Rel	IVI
1	<i>Tibouchina lepidota</i>	Melastomataceae	33	6,72	16,23	8,48	31,43
2	<i>Alchornea verticilata</i>	Euphorbiaceae	24	5,22	13,25	6,17	24,65
3	<i>Clusia ducu</i>	Clusiaceae	12	3,73	7,74	3,08	14,56
4	<i>Vismia laevis</i>	Hypericaceae	20	4,48	6,55	5,14	16,17
5	<i>Quercus humboldtii</i>	Fagaceae	5	1,49	9,12	1,29	11,90
6	<i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae	19	5,22	3,54	4,88	13,65
7	<i>Schefflera sp.</i>	Araliaceae	27	5,22	3,20	6,94	15,37
8	<i>Weinmannia pubescens</i>	Cunoniaceae	19	5,97	2,01	4,88	12,86
9	<i>Viburnum pichinchense</i>	Caprifoliaceae	25	4,48	3,06	6,43	13,96
10	<i>Alchornea acutifolia</i>	Euphorbiaceae	7	2,24	4,54	1,80	8,58
11	<i>Clethra fagifolia</i>	Clethraceae	19	4,48	2,10	4,88	11,47
12	<i>Hieronima antioquensis</i>	Euphorbiaceae	5	1,49	4,32	1,29	7,10
13	<i>Cavendishia bracteata</i>	Ericaceae	20	3,73	2,00	5,14	10,87
14	<i>Palicourea garciae</i>	Rubiaceae	14	3,73	1,20	3,60	8,53

15	<i>Hedyosmum goudotianum</i>	Chlorantaceae	13	2,99	1,94	3,34	8,26
16	<i>Myrcia splendens</i>	Myrtaceae	16	3,73	1,16	4,11	9,00
17	<i>Vaccinium corymbodendron</i>	Ericaceae	12	3,73	1,05	3,08	7,87
18	<i>Gaiadendron punctatum</i>	Loranthaceae	12	2,99	1,79	3,08	7,86
19	<i>Drymis granadensis</i>	Winteraceae	5	1,49	2,90	1,29	5,68
20	<i>Miconia lehmannii</i>	Melastomataceae	14	3,73	0,49	3,60	7,82
21	<i>Zanthoxylum melanostichum</i>	Rutaceae	7	1,49	1,54	1,80	4,83
22	<i>Vismia guianensis</i>	Hypericaceae	5	1,49	1,41	1,29	4,19
23	<i>Blakea sp.</i>	Melastomataceae	3	0,75	2,13	0,77	3,65
24	<i>Sternospermation sp.</i>	Araceae	9	2,24	0,29	2,31	4,85
25	<i>Myrsine coriacea</i>	Myrsinaceae	6	2,24	0,08	1,54	3,86
26	<i>Clusia grandiflora</i>	Clusiaceae	1	0,75	1,51	0,26	2,51
27	<i>Myrsine guianensis</i>	Myrsinaceae	5	1,49	0,65	1,29	3,43
28	<i>Ilex danielis</i>	Aquifoliaceae	5	1,49	0,63	1,29	3,41
29	<i>Bejaria aestuans</i>	Ericaceae	3	1,49	0,40	0,77	2,66
30	<i>Paragynoxis corey</i>	Asteraceae	4	1,49	0,36	1,03	2,88
31	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	Myrtaceae	3	0,75	0,93	0,77	2,44
32	<i>Vismia bassifera</i>	Hypericaceae	3	0,75	0,58	0,77	2,10
33	<i>Axinaea macrophylla</i>	Melastomataceae	4	0,75	0,33	1,03	2,11
34	<i>Panopsis yolombo</i>	Proteaceae	1	0,75	0,29	0,26	1,29
35	<i>Chrysoclamys colombiana</i>	Clusiaceae	1	0,75	0,20	0,26	1,20
36	<i>Escallonia paniculata</i>	Escalloniaceae	1	0,75	0,14	0,26	1,14
37	<i>Baccharis sp.</i>	Asteraceae	3	0,75	0,12	0,77	1,64
38	<i>Gymnosporia gentryi</i>	Celastraceae	1	0,75	0,11	0,26	1,12
39	<i>Miconia resima</i>	Melastomataceae	1	0,75	0,07	0,26	1,07
40	<i>Cavendischia guatapeensis</i>	Ericaceae	1	0,75	0,02	0,26	1,03
41	<i>Rhamnus goudotiana</i>	Rhamnaceae	1	0,75	0,01	0,26	1,01
<b>Sumatoria</b>			<b>389</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

### 3. Análisis fisicoquímico del suelo

#### Parámetros básicos de fertilidad

Código Muestra *	pH	M.O (%)	P (ppm)	Al	Ca	Mg	K	CICE
				meq / 100 g de suelo				
1	3,88	22,44	9,31	0,60	0,82	0,29	0,20	1,91
2	4,13	25,44	2,94	0,60	0,91	0,37	0,19	2,07
3	4,02	15,72	5,53	0,60	0,77	0,22	0,12	1,71
4	4,74	11,99	18,55	0,50	2,28	0,43	0,21	3,42

#### Clase textural y elementos menores

Código Muestra *	TEXTURA			CLASE TEXTURAL	Cu	Fe	Mn	Zn
	A	L	Ar		Ppm			
	%							
1	80	16	4	AF	2,292	21,28	10,08	2,120
2	88	12	0	NO DISPERSA	2,032	34,56	5,96	1,800
3	78	20	2	AF	2,144	9,64	2,72	1,224
4	80	16	4	AF	5,204	8,72	6,56	15,148

#### Nitrógeno y Boro

Código Muestra *	N (%)	B (ppm)
1	1,04	0,36
2	1,10	0,44
3	0,65	0,6
4	0,46	0,7

Análisis elaborado por el laboratorio Biogeoquímica de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.