

# Sucesión vegetal luego de un proceso de restauración ecológica en un fragmento de bosque seco tropical (La Pintada, Antioquia)

Adriana P. Yepes\* y Jorge Andrés Villa\*\*

## Resumen

**Introducción.** El bosque seco tropical (bs-T) constituye uno de los ecosistemas más amenazados en el neotrópico, y en Colombia es considerado como uno de los más degradados, fragmentados y menos conocidos. Por esta razón, esfuerzos por conservar los relictos existentes son insuficientes, y es necesario emprender acciones de restauración ecológica que reactiven el proceso sucesional y conecten los fragmentos aislados de este ecosistema. En el municipio de La Pintada (Antioquia) hace nueve años se inició un proceso de restauración en predios bajo cobertura de pastos, mediante la siembra inicial de diferentes especies típicas del bs-T. Sin embargo, nunca se monitoreó el avance de éste y se desconoce el éxito parcial de la técnica utilizada. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar el proceso sucesional producto de la restauración ecológica. **Materiales y métodos.** Se establecieron diez parcelas permanentes de 0,05 ha y se evaluaron aspectos como la estructura diamétrica y la composición florística de la vegetación. Se muestrearon en total 694 árboles representados en 33 especies. **Resultados.** La estructura diamétrica presentó forma de J-invertida propia de comunidades en fases sucesionales tempranas. **Conclusiones.** Teniendo en cuenta que la restauración se realizó en áreas cubiertas por pastos, y que actualmente se presentan especies arbóreas de rápido crecimiento, propias de la sucesión secundaria del bs-T, sotobosque poco diferenciado con abundancia de herbáceas, arbustos colonizadores y dosel discontinuo con árboles aislados de mediano porte, se concluye que el proceso de restauración aparentemente fue exitoso. No obstante, el monitoreo debe continuar para hacer un adecuado seguimiento al proceso sucesional emergente.

**Palabras clave:** bosque seco tropical (bs-T), monitoreo, restauración ecológica, sucesión vegetal, gestión ambiental.

## Vegetal replacement after an ecological restoring process in a tropical dry forest fragment (La Pintada, Antioquia)

### Abstract

**Introduction.** Tropical dry forests are one of the most threatened ecosystems in the neotropics, and are considered in Colombia to be one of the least understood, and one of the most degraded and fragmented ecosystems. Given this fact, the current efforts to preserve these existing relicts are not sufficient and thus it is necessary to take actions to reactivate their natural succession processes and to connect isolated fragments of this ecosystem. At La Pintada (Antioquia), a restoration project started nine years ago in places with low grass coverage by initially seeding various species typical of tropical dry forests. Unfortunately, the restoration progress was never monitored and the relative success of the project is unknown. This research had an objective to characterize and evaluate the succession process that was produced by the ecological restoration. **Materials and Methods.** Ten permanent 0.05 hectare plots were established for diametric structure and flower composition of the vegetation measurements. Samples were taken from 694 trees of 33 different species. **Results.** The diametric structure had an inverse J shape, which is very common in the early stages of succession. **Conclusions.** An apparently successful restoration process was observed considering that the restoration was made in only grass covered areas and that by the time of the study, common features of secondary succession in tropical dry forests such as fast growing trees, colo-

\* Ingeniera Forestal. Magíster en Bosques y Conservación Ambiental. Carbono y Bosques. Medellín, Colombia.

\*\* Ingeniero Ambiental. Magíster en Bosques y Conservación Ambiental. Olentangy Wetland Research Park. Columbus, OH, USA.

Correspondencia: Jorge Andrés Villa. e-mail: jorgevilla@yahoo.com  
Artículo recibido: 16/12/2009 Artículo aprobado: 3/12/2010

nizing shrubs and a discontinuous canopy with mid-size isolated trees, were all present. Nevertheless, the system must continue to be monitored in order to take appropriate follow up actions to facilitate the emerging succession process.

**Key words:** tropical dry forest (bs-T), monitoring, ecological restoration, vegetal restoration, environmental management.

### **Sucessão vegetal depois de um processo de restauração ecológica num fragmento de bosque seco tropical (A Pintada, Antioquia)**

#### **Resumo**

**Introdução.** O bosque seco tropical (bs-T) constitui um dos ecossistemas mais ameaçados no neotrópico, e em Colômbia é considerado como um dos mais degradados, fragmentados e menos conhecidos. Por esta razão, esforços por conservar os relictos existentes são insuficientes, e é necessário empreender ações de restauração ecológica que reativem o processo em série e conectem os fragmentos isolados deste ecossistema. No município da Pintada (Antioquia) faz nove anos se iniciou um

processo de restauração em terrenos sob cobertura de pastos, mediante a sementeira inicial de diferentes espécies típicas do bs-T. No entanto, nunca se monitorou o avanço deste e se desconhece o sucesso parcial da técnica utilizada. Este estudo teve como objetivo caracterizar o processo em série produto da restauração ecológica. **Materiais e métodos.** Estabeleceram-se dez parcelas permanentes de 0,05 ha e se avaliaram aspectos como a estrutura diamétrica e a composição floral da vegetação. Mostraram-se ao todo 694 árvores representadas em 33 espécies. **Resultados.** A estrutura diamétrica apresentou forma de J-investida própria de comunidades em fases em séries temporais. **Conclusões.** Tendo em conta que a restauração se realizou em áreas cobertas por pastos, e que atualmente se apresentam espécies arbóreas de rápido crescimento, próprias da sucessão secundária do bs-T, sotobosque pouco diferenciado com abundância de herbáceas, arbustos colonizadores e dossel descontínuo com árvores isoladas de médio porte, conclui-se que o processo de restauração aparentemente foi exitoso. Não obstante, o monitoramento deve continuar para fazer um adequado seguimento ao processo em série emergente.

**Palavras Importantes:** bosque seco tropical (bs-T), monitoramento, restauração ecológica, sucessão vegetal, gestão ambiental.

---

## **Introducción**

El bosque seco tropical (bs-T) se define, de acuerdo con el sistema de clasificación de Holdridge<sup>1</sup>, como aquella formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua. Se distribuye entre 0 y 1.000 m de altitud y presenta temperaturas superiores a 24°C (piso térmico cálido). Las precipitaciones son del orden de 700 y 2.000 mm anuales, con uno o dos períodos marcados de sequía al año<sup>2, 3</sup>. Otra característica importante de este ecosistema es que la relación entre la evapotranspiración potencial y la precipitación excede la unidad<sup>3</sup>. En Colombia, esta formación se desarrolla en lugares con precipitaciones que fluctúan entre 789 mm (isla de Tierra Bomba, Bolívar) y 1.800 mm (pie de monte de la cordillera Central, Valle del Cauca). La temperatura media anual es superior a 25°C, y alcanza temperaturas máximas de 38°C<sup>4</sup>.

En la actualidad el bs-T constituye uno de los ecosistemas más amenazados en el neotrópico<sup>5</sup>. Debido a la fertilidad de sus suelos, ha sido punto de desarrollo de poblaciones humanas u

objeto de intensa transformación<sup>5</sup>. Actualmente en Colombia, el bs-T está considerado entre los tres ecosistemas más degradados, fragmentados y menos conocidos. Algunos estimativos señalan que de 800.000 km<sup>2</sup> que representaba la cobertura original de los bosques secos a subhúmedos, sólo queda cerca de 1,5%. Dadas las características topográficas de planicie y la riqueza del suelo, el bs-T ha sido sustituido por zonas de cultivos y ganadería extensiva en todo el país<sup>6</sup>.

Según el Instituto Alexander von Humboldt<sup>6</sup>, el estado de conocimiento del bs-T en Colombia es pobre, puesto que son escasos los lugares donde existen inventarios completos. La información existente es fragmentada y el conocimiento de la historia natural y dinámica del bosque es poco. Incluso, en el mundo mundial, existen de 4 a 5 veces más estudios reportados en la literatura de procesos de restauración en bosque húmedo tropical que en bosque seco<sup>7</sup>.

Por ello se hace indispensable, como punto de partida, la realización de estudios sobre las poblaciones existentes que involucren el

conocimiento de la estructura, dinámica, funcionamiento y composición de especies del bs-T<sup>8</sup>. Sin embargo, sin un lineamiento y unos objetivos claramente definidos en el largo plazo, estos estudios no brindan de manera adecuada la información necesaria para evaluar y replicar los procesos de intervención sobre estos ecosistemas en otros sitios con características similares<sup>9</sup>.

En el Centro de Rehabilitación de Fauna Silvestre Los Farallones (CRFS) del municipio de la Pintada (Antioquia), la Fundación Ecológica Santa Fe, antes conocida como Fundación Ecolombia, inició en el año 2000 junto con la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) y el Instituto para el Desarrollo de Antioquia (IDEA), un proceso de restauración en el del bs-T, mediante la siembra inicial de diferentes especies típicas de este ecosistema, con el fin de propiciar un proceso de sucesión vegetal sin intervención. Las especies sembradas fueron suministradas por CORANTIOQUIA, y se procuró para su selección, que correspondieran a especies pertenecientes al grupo funcional de las pioneras<sup>15</sup>, es decir, especies propias de estados sucesionales tempranos, y para este caso, típicas del bosque seco tropical. Hasta la fecha de realización de este estudio (octubre 2009-enero 2010) no había un registro o informe formal de la nomenclatura y taxonomía de las especies que se sembraron, ni del estado de este proceso, lo que no había permitido evaluar de una manera eficaz el éxito parcial de la técnica utilizada, así como la replicabilidad de esta experiencia en lugares similares.

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de establecer una línea base para caracterizar el proceso de restauración en términos de estructura, composición florística y diversidad, con el fin de hacer una evaluación preliminar del estado del proyecto y de establecer algunos parámetros ecológicos que pudieran seguir siendo monitoreados a través del tiempo para hacer un seguimiento adecuado del proceso de sucesión.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El CRFS Los Farallones está ubicado en el municipio de La Pintada, en el suroeste de Antio-

quia, a unos 600 metros sobre el nivel del mar. El área de estudio presenta una temperatura promedio anual de 26°C, con máximos de hasta 35°C y mínimos de 18°C. La precipitación promedio es de 1.722 mm año<sup>-1</sup> y la humedad relativa de 74%. En general es una región de topografía ondulada y pendientes moderadas, que presenta algunas afloraciones de tipo volcánico. Particularmente, el Centro se localiza en la vía que desde Medellín conduce a Valparaíso, margen izquierda del río Cauca.

El CRFS tiene una extensión de 82 ha, de las cuales unas 48 corresponden a un fragmento de bs-T que bordea el Farallón de la Paz, entre los cauces del río Cauca y el río Cartama, cerca de la desembocadura del río Arma en el Cauca. El proyecto de sucesión vegetal se estableció en aproximadamente 10 ha, terrenos que habían sido dedicados anteriormente a ganadería extensiva.

### Establecimiento de las parcelas de monitoreo

Para la determinación de la estructura diamétrica, composición florística y diversidad de la vegetación, se establecieron 10 parcelas de 0,05 ha (25 m x 20 m). Estas parcelas se ubicaron al azar evitando caminos u otros factores exógenos que pudieran incidir en el proceso sucesional, y en el mismo sentido de las curvas de nivel. Las parcelas se delimitaron con tubos de PVC y piola amarilla, para su posterior identificación y remediación. Asimismo, se tomaron las coordenadas del vértice superior derecho de las mismas, empleando un dispositivo GPS.

### Estructura diamétrica

En cada una de las parcelas se procedió a medir el diámetro normal a 1,30 m de altura de cada uno de los individuos con diámetro superior a 1,0 cm ( $DAP \geq 1,0$  cm). La medición del diámetro se realizó con un calibrador digital en la mayoría de los casos, pero cuando el diámetro era lo suficientemente grande, se utilizó cinta métrica. Luego de medir el diámetro de cada individuo se procedió a numerarlo con pintura asfáltica. Cuando eran individuos muy pequeños estos se marcaron con placas de aluminio numeradas.

Con la información de los diámetros tomada en campo, se calculó el diámetro promedio cua-

drático (correspondiente al árbol de área basal promedio) considerado un parámetro estructural importante<sup>10</sup>, y el área basal por hectárea ( $G$  en  $m^2 ha^{-1}$ ). Finalmente se construyeron distribuciones diamétricas para cada una de las parcelas con el fin de facilitar las comparaciones entre ellas. Se establecieron 5 intervalos de clase: 1 - < 5 cm, 5 - < 10 cm, 10 - < 15 cm, 15 - < 20 cm y 20 - < 30 cm. El número de árboles por parcela fue comparado utilizando pruebas de comparación de medianas (Kruskal - Wallis), con previo análisis de la normalidad de los datos (Shapiro-Wilk). Los análisis se realizaron con un nivel de confianza de 95% ( $\alpha = 0,05$ )<sup>11</sup>.

### Composición florística

Para la identificación taxonómica se tomaron en cuenta inicialmente los registros históricos de las especies sembradas con fines de restauración en bosques secos tropicales de Colombia. Para el caso de especies desconocidas, se procedió a tomar muestras botánicas con cortarramas o tijeras podadoras de acuerdo con los protocolos estándar de colección<sup>12</sup>. El material fue conservado en alcohol y posteriormente secado a 70°C en un horno de convección del Laboratorio de Ecología y Conservación Ambiental César Pérez Figueroa (LECA), de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. Las muestras botánicas fueron identificadas mediante comparación con las colecciones existentes en el herbario MEDEL "Gabriel Gutiérrez Villegas" de la Uni-

versidad Nacional de Colombia - Sede Medellín. A partir de esta información se determinó posteriormente el número de familias, géneros y especies de cada parcela y sus respectivas abundancias.

### Índices de diversidad

Se calcularon para cada parcela los siguientes índices: riqueza de especies ( $R$ ), índice de la abundancia relativa especies exponencial de Shannon ( $e^H$ ), índice de dominancia recíproco de Simpson ( $1/D$ ) y el índice de equidad de Shannon ( $E^H$ )<sup>13, 14</sup>. Finalmente, la técnica de Jack-Knife<sup>13, 14</sup> se empleó para mejorar, normalizar y determinar los límites de confianza de los índices de diversidad y hallar los valores relacionados para la comunidad en general.

## Resultados

### Estructura diamétrica

En la tabla 1 se presentan las características estructurales de cada una de las parcelas, en la cual se encuentran el diámetro promedio cuadrático ( $D_q$ ), el área basal promedio ( $g_i$ ) y el área basal por hectárea ( $G$ ). En general, las parcelas difirieron entre sí en términos del diámetro promedio ( $g.l. = 9; H = 190,246; P = 0,000$ ) y el área basal del árbol individual ( $g.l. = 9; H = 181,989; P = 0,000$ ), porque algunas de ellas presentaron árboles con diámetros mayores a 20 cm.

**Tabla 1. Características estructurales de las parcelas establecidas en el municipio de La Pintada, Antioquia**

| Parcela | $D_q$ nombre | $g_i$ nombre | $G$ ( $m^2 ha^{-1}$ ) nombre |
|---------|--------------|--------------|------------------------------|
| P1      | 7,50         | 0,00         | 3,00                         |
| P2      | 4,21         | 0,00         | 2,95                         |
| P3      | 3,85         | 0,00         | 1,63                         |
| P4      | 2,48         | 0,00         | 0,35                         |
| P5      | 2,63         | 0,00         | 0,88                         |
| P6      | 3,89         | 0,00         | 1,97                         |
| P7      | 6,18         | 0,00         | 3,12                         |
| P8      | 9,57         | 0,01         | 10,80                        |
| P9      | 4,33         | 0,00         | 3,03                         |
| P10     | 11,59        | 0,01         | 11,39                        |

Adicionalmente, la mayoría de las parcelas establecidas presentaron distribuciones diamétricas en forma de J - invertida sesgadas a la izquierda, sin presentar diferencias significativas entre el número de árboles por hectárea entre clases de tamaño ( $g.l. = 4$ ;  $H = 33,326$ ;  $P < 0,0001$ ) (Figura 1).

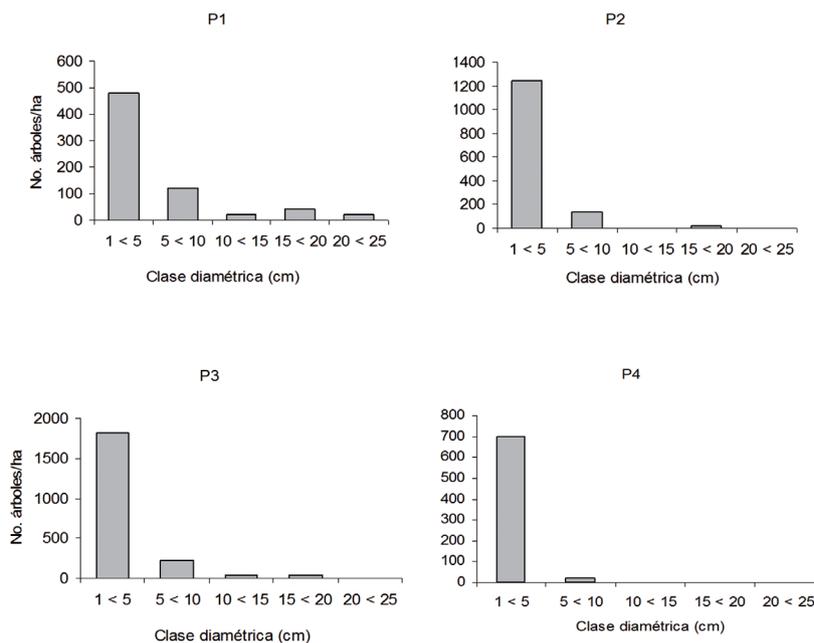
### Composición florística y diversidad

La lista total de especies y su abundancia por parcela se presenta en el Anexo A. Se encontraron en total 23 familias, 32 géneros y 33 especies, de las cuales 11 quedaron al nivel de género y cuatro sin identificar (indeterminadas). En casi todas las parcelas, la especie más abundante fue *Baccharis* sp., una pertene-

ciente a la familia Asteraceae que no fue sembrada, sino que llegó allí como consecuencia del proceso de regeneración natural o sucesión secundaria. La abundancia de familias fue similar entre las parcelas, lo que sugiere que cada una de ellas está representada en la mayoría de los casos por una sola especie (figura 2). Otras especies abundantes fueron *Psidium guajava* L. (73), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (62), *Croton leptostachyus* Kunth. (39), *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (38), *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken (37), *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (28), *Cedrela odorata* L. (23) y *Piper* sp (18). Finalmente, los índices de diversidad calculados mediante el método *Jack-knife* para la comunidad estudiada se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2. Riqueza y diversidad de especies para todos los individuos con  $D \geq 1$  cm**

| Índice                     | S  | $e^{H'}$ | 1/D   | E     |
|----------------------------|----|----------|-------|-------|
| Promedio <i>Jack-knife</i> | 33 | 10,492   | 4,726 | 0,599 |
| Desv. Estándar             | -  | 5,428    | 3,905 | 0,155 |
| Error estándar             | -  | 1,716    | 1,235 | 0,049 |
| Límite inferior            | -  | 6,609    | 1,932 | 0,487 |
| Límite superior            | -  | 14,374   | 7,519 | 0,710 |



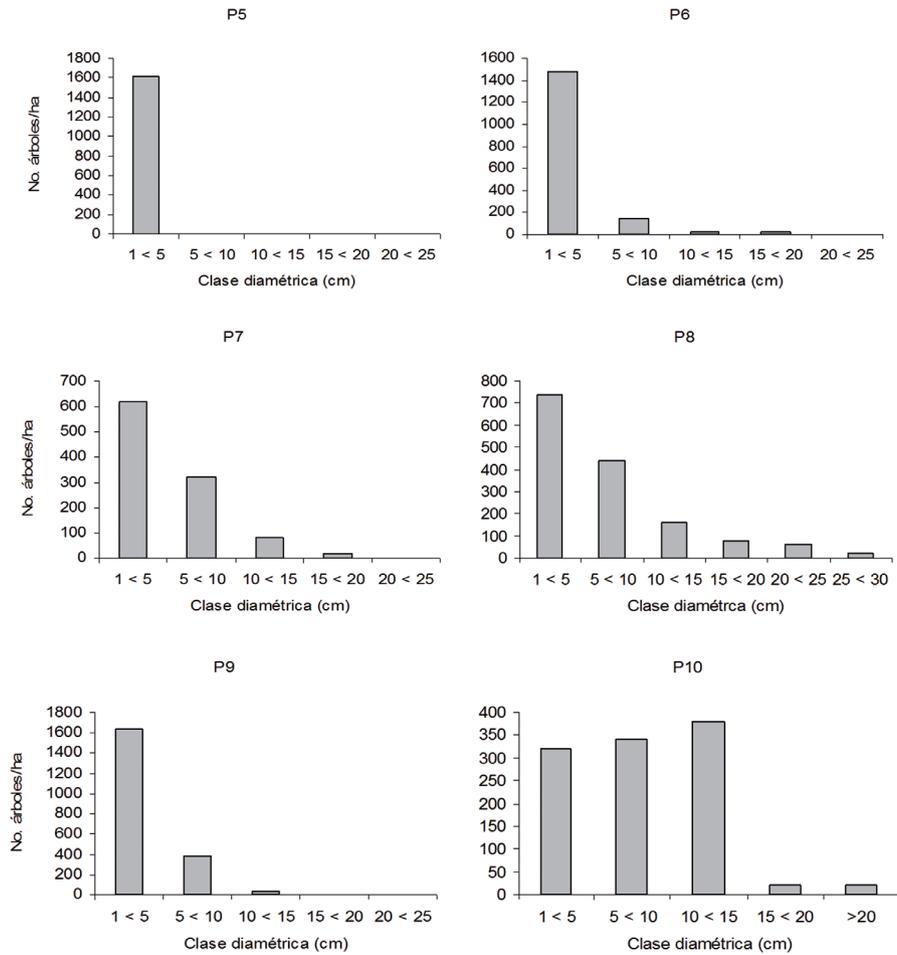


Figura 1. Distribuciones diamétricas para cada una de las parcelas establecidas

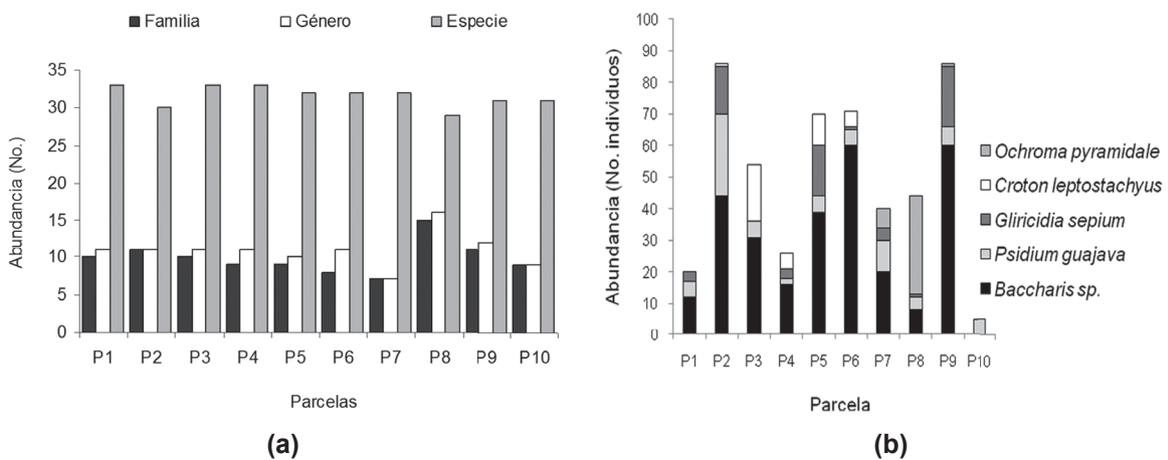


Figura 2. (a) Abundancia en número de individuos para cada unidad taxonómica y por parcela y (b) especies más representativas y su abundancia en todas las parcelas establecidas

## Discusión

Actualmente, el área restaurada se caracteriza por presentar especies arbóreas plantadas de rápido crecimiento, propias de la sucesión secundaria de bosques secos, un sotobosque poco diferenciado con alta abundancia de hierbas y arbustos colonizadores y una cobertura vegetal discontinua con árboles aislados de mediano porte. Entre las especies más abundantes en este sitio se encuentran: *Baccharis* sp., y *Croton leptostachyus* que han colonizado los pastos existentes, así como: *Psidium guajava*, *Gliricidia sepium*, *Ochroma pyramidale*, *Cordia alliodora*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Cedrela odorata*, que fueron plantadas en potreros y rastrojos bajos para iniciar el proceso de restauración en el año 2000. Estos árboles

fueron plantados en diferentes estados de desarrollo, y esta fue una de las posibles causas por las cuales se observaron diferencias en el diámetro promedio entre las parcelas.

De otro lado, según la literatura todas estas especies son heliófitas o demandantes de luz, las cuales presentan tasas de crecimiento rápidas, y una vez que se establecen, sus copas facilitan el establecimiento de otras especies conocidas como esciófitas o las tolerantes a la sombra. Desde este punto de vista, en el proceso de restauración del CRFS, es necesario continuar enriqueciendo el área con las especies utilizadas e introducir especies más exigentes en términos de condiciones microclimáticas, pertenecientes a estados sucesionales más avanzados (tabla 4).

**Tabla 4. Especies recomendadas para continuar con la restauración**

| Familia         | Especie                          | Nombre común     |
|-----------------|----------------------------------|------------------|
| Mimosaceae      | <i>Albizia carbonaria</i>        | Pisquín          |
| Anacardiaceae   | <i>Anacardium excelsum</i>       | Caracolí         |
| Burseraceae     | <i>Bursera simaruba</i>          | Indio desnudo    |
| Moraceae        | <i>Castilla elastica</i>         | Caucho           |
| Bombacaceae     | <i>Ceiba pentandra</i>           | Ceiba            |
| Mimosaceae      | <i>Enterolobium schomburgkii</i> | Piñón            |
| Fabaceae        | <i>Erythrina fusca</i>           | Búcaro           |
| Fabaceae        | <i>Erythrina poeppigiana</i>     | Búcaro           |
| Moraceae        | <i>Ficus insipida</i>            | Higuerón         |
| Sterculiaceae   | <i>Guazuma ulmifolia</i>         | Guácimo          |
| Mimosaceae      | <i>Inga densiflora</i>           | Guamo            |
| Mimosaceae      | <i>Jacaranda caucana</i>         | gualanday        |
| Tiliaceae       | <i>Luehea seemannii</i>          | Guácimo colorado |
| Moraceae        | <i>Maclura tinctoria</i>         | Avinge           |
| Sapindaceae     | <i>Melicoccus bijugatus</i>      | Mamoncillo       |
| Sapindaceae     | <i>Sapindus saponaria</i>        | Chumbimbo        |
| Caesalpiniaceae | <i>Schizolobium parahyba</i>     | Tambor           |
| Sterculiaceae   | <i>Sterculia apetala</i>         | Camarón          |
| Bignoniaceae    | <i>Tabebuia chrysantha</i>       | Guayacán         |
| Bignoniaceae    | <i>Tabebuia rosea</i>            | Roble            |

En general, el proceso de restauración, realizado en La Pintada (Antioquia), presenta características propias de un proceso sucesional. Esto se ve reflejado en las estructuras diamétricas en forma de J-invertida sesgadas a la izquierda que se observaron en la mayoría de las parcelas muestreadas (P1, P2, P3, P4, P6, P7, P8, P9). En este tipo de distribución algunas clases diamétricas se encuentran sub-representadas, es decir, con pocos individuos, mientras que otras clases, por el contrario, se pueden ver sobre-representadas o con muchos individuos. De acuerdo con Rollet<sup>16</sup> este tipo de distribución diamétrica es característica de comunidades en estados iniciales de sucesión o fases tempranas de desarrollo, donde se observa dominancia de especies de corta vida, alto número de individuos y porte pequeño. Estas son reconocidas como especies pioneras<sup>15</sup>, las cuales mejoran las condiciones micro-climáticas y edáficas para el establecimiento de otras especies más longevas.

Los resultados de las distribuciones diamétricas para las parcelas en las cuales no se obtuvo una distribución en forma de J-invertida evidente (P5 y P10) corresponden a dos casos diferentes. En el primer caso, los individuos encontrados sólo pertenecen a la menor clase diamétrica (1 < 5 cm); mientras que en el segundo caso, la mayoría de los individuos se agrupan en clases diamétricas intermedias (5 < 15 cm). Luego de revisar las observaciones en campo y de verificar la historia del proceso de restauración (comunicación personal con Simón Macuase, mayordomo), se encontraron dos posibles explicaciones para estos resultados. En primer lugar, el sitio donde se ubica P5 ha sido sometido periódicamente a pastoreo clandestino de ganado, y muchas de las plántulas introducidas fueron atacadas por el ramoneo del ganado; esto puede explicar por qué en el momento del muestreo sólo se encontraron individuos de diámetros pequeños (clase diamétrica 1 < 5 cm), que se establecieron posiblemente después, y como consecuencia del proceso de sucesión natural. En el caso de P10, esta parcela se encuentra geográficamente más cerca de las instalaciones físicas del Centro, y fue allí donde se realizaron las primeras actividades de restauración. Estas actividades se llevaron a cabo empleando las plántulas suministradas por CORANTIOQUIA, las cuales fueron en su

mayoría de la especie *Cordia alliodora*; de allí que la distribución diamétrica de esta parcela sea de tipo unimodal, característica de rodales monoespecíficos. Adicionalmente, el paso del tiempo y la cercanía de este sitio a las instalaciones del Centro facilitaron el cuidado de los árboles (*p.e.* liberación de lianas y maleza), redujo la mortalidad y le dio el aspecto de una plantación coetánea a esta parcela.

Los índices de diversidad y riqueza obtenidos para la zona de estudio no difieren mucho de otros valores reportados para otros bosques secos tropicales de Sudamérica<sup>17, 18, 19</sup>, pero es importante aclarar que la relación de la riqueza y la composición florística registrada en nuestro estudio está sesgada por la introducción de especies que se hizo al comienzo del proyecto, y no por proceso natural de sucesión secundaria. No obstante, nuestros resultados indican que este proceso puede ser impulsado por acciones de este tipo, que favorecen la aparición de otras especies que no fueron sembradas, y que se establecieron en la zona por medio de procesos naturales (*p.e.* *Baccharis sp.*, *Croton leptostachyus*, *Piper sp.*, *etc.*). Monitoreos adicionales del sitio que permitan el seguimiento de la trayectoria sucesional son necesarios para lograr con contundencia el éxito de este proceso de restauración.

La sociedad para la restauración ecológica (SER, 2004<sup>20</sup>) establece una serie de indicadores para determinar el éxito de un proceso de restauración ecológica. En este sentido, nuestro estudio brinda un punto de partida para la determinación de algunos de estos indicadores, los cuales, en general, hacen referencia a la estructura del ecosistema restaurado. Esto, teniendo presente que una evaluación adecuada, que involucra una serie de mediciones periódicas que permitan bien sea: *i*) hacer una comparación directa entre el ecosistema restaurado y uno de referencia, *ii*) Un análisis de atributos del ecosistema restaurado o por último, *iii*) un análisis de la trayectoria de ecosistema restaurado.

## Conclusión

Luego del proceso de restauración realizado en La Pintada, se encontró una cobertura

vegetal discontinua en la que predominan las especies que fueron sembradas inicialmente, pero también se encontraron algunas especies arbóreas establecidas por medio de mecanismos naturales y que son propias de los estadios tempranos del proceso de sucesión secundaria (e.g. *Croton leptostachyus*, *Psidium guajava*, *Inga* sp., etc.). En general, las parcelas muestreadas exhiben una estructura diamétrica en forma de j-invertida la cual es típica de sucesiones tempranas. En una evaluación preliminar se puede afirmar que el proceso de restauración es exitoso, sin que se pueda concluir certeramente al respecto, ya que nuestros resultados son solo un punto de partida para una evaluación adecuada del éxito de un proceso de restauración.

### Agradecimientos

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a Simón Macuase (mayordomo del CRFS) por su apoyo incondicional en las actividades de campo, así como por la documentación verbal que hizo del proceso de restauración llevado a cabo en la zona. También al personal del Herbario "Gabriel Gutiérrez Villegas" de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín y del Laboratorio de Ecología y Conservación Ambiental César Pérez Figueroa (LECA), de la misma Institución. De igual manera, a las directivas de la Fundación Ecológica Santa Fe por la financiación y apoyo logístico para este estudio. Por último, se agradecen las observaciones a la primera versión de este manuscrito de la profesora Marcela Serna González del Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, las cuales fueron de gran ayuda para mejorar la versión revisada.

### Referencias

- HOLDRIDGE, Leslie. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: IAC, 1978. 216 p.
- ESPINAL, L. S. Geografía ecológica del departamento de Antioquia. En: Revista de la Facultad Nacional de Agronomía. 1985. Vol. 38, p. 24-39.
- MURPHY, Peter G. & LUGO, Ariel E. Ecology of tropical dry forest. En: Annual Review of Ecology and Systematics. November 1986. Vol. 17, p. 67-68.
- INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT (IAVH), GRUPO DE EXPLORACIONES Y MONITOREO AMBIENTAL (GEMA). Caracterización ecológica de cuatro remanentes de bosque seco tropical de la región Caribe colombiana. Villa de Leyva, Colombia: El Instituto, 1997. 56 p.
- JANZEN, D. H. Seasonal changes in abundance of large nocturnal cag-beetles (Scarabaeidae) in Costa Rica deciduous forest and adjacent horse pasture. En: Oikos. 1983. Vol. 41, p.274-283
- INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT (IAVH), GRUPO DE EXPLORACIONES Y MONITOREO AMBIENTAL (GEMA). El bosque seco tropical en Colombia. Bogotá: El Instituto, 1997. 24 p.
- VIEIRA, Daniel L. & SCARIOT, Alcidir. Principles of natural regeneration of tropical dry forest for restoration. En: Restoration Ecology. February 2006. Vol. 14, no. 1, p. 11-20.
- EGAN, Dave. Ecological Restoration and Sustainable Development. En: Ecological Restoration. September 2003. Vol. 21, no. 3, p.161-162.
- RUIZ-JAEN, Maria C. & AIDE, Mitchell. Restoration Success: How's it being measured?. En: Restoration Ecology. Agosto 2005. Vol. 13, no. 3, p. 569-577.
- LEMA, Á. Elementos teórico-prácticos sobre inventarios forestales: estadística y planeación. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín; 2003. 310 p.
- GÓMEZ LÓPEZ, Hernan. Estadística experimental aplicada a las ciencias agrícolas. Medellín, Colombia: Universidad Agrícola de Colombia, Sede Medellín, 1997. 517 p.
- RICKER, Martin & DALY, Douglas. Botánica económica en bosques tropicales: principios y métodos para su estudio y aprovechamiento. México: Editorial Diana, 1998. 293 p.
- KREBS, Charles J. Ecological methodology. New York: Harper & Row Publishers; 1989. 654 p.
- IMAGURRAN, Anne E. Ecological Diversity and its Measurement. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1989. 179 p.
- ÁZQUEZ-YANES, C. & GUEVARA, S. Caracterización de los grupos ecológicos de arboles de la selva húmeda. En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Vol. 2. México: Editorial Alambra Mexicana, 1985. p. 67-78.
- ROLLET, B. Organización. En: Anónimo. Ecosistemas de los bosques tropicales: informe so-

- bre el estado de los conocimientos. Roma, Italia: UNESCO-PNUMA-FAO, 1980. p. 126-162.
17. KENNARD, Deborah K. Secondary forest succession in a tropical dry forest: patterns of development across a 50-year chronosequence in lowland Bolivia. En: Journal of Tropical Ecology. 2002. Vol. 18, no. 1 p. 53-66.
  18. LEAL PINEDO, Jorge Miguel y LINARES PALOMINO, Reynaldo. Los bosques secos de la reserva de biosfera del noroeste (Perú): diversidad arbórea y estado de conservación. En: Caldasia. 2005. Vol. 27, no. 2, p. 195-211.
  19. MARCELO-PEÑA, José Luís; et al. Diversidad, composición florística y endemismos en los bosques estacionalmente secos alterados del distrito de Jaén, Perú. En: Ecología Aplicada. 2007. Vol. 6, no. 1-2, p. 9-22.
  20. SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION (SER) INTERNATIONAL. Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. [En línea]. Washington D.C.: SER, 2009. [Citado 23 de septiembre 2009] URL disponible en <www.ser.org>

Anexo A. Lista de especies y su abundancia por parcela

| Familia              | Género        | Especie                         | Nombre común | P1        | P10       | P2         | P3        | P4        | P5        | P6        | P7        | P8        | P9         | Total      |
|----------------------|---------------|---------------------------------|--------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Cecropiaceae         | Cecropia      | <i>Cecropia</i> sp.             | yatumo       |           |           |            |           |           |           |           |           |           | 1          | 1          |
| Meliaceae            | Cedrela       | <i>Cedrela odorata</i>          | cedro        |           | 5         | 2          | 2         | 1         | 1         | 1         | 4         | 4         | 4          | 23         |
| Rutaceae             | Citrus        | <i>Citrus</i> sp.               | limón        |           | 1         |            |           |           |           |           |           |           |            | 1          |
| Boraginaceae         | Cordia        | <i>Cordia alliodora</i>         | nogal        |           | 28        |            |           |           |           |           |           | 8         | 1          | 37         |
| Bignoniaceae         | Crescentia    | <i>Crescentia cujete</i>        | totumo       |           | 1         |            |           |           |           |           |           |           |            | 1          |
| Euphorbiaceae        | Croton        | <i>Croton leptostachyus</i> s   | drago        |           | 1         | 1          | 18        | 5         | 10        | 5         |           |           |            | 39         |
| Mimosaceae           | Enterolobium  | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | piñón        |           | 6         | 1          | 1         | 2         | 2         | 2         | 6         | 8         |            | 28         |
| Fabaceae             | Erythrina     | <i>Erythrina</i> sp.            | búcaro       |           |           |            |           |           | 3         |           |           |           |            | 3          |
| Moraceae             | Ficus         | <i>Ficus</i> sp.                | higuerón     |           |           |            |           |           |           |           |           |           | 1          | 1          |
| Rubiaceae            | Genipa        | <i>Genipa americana</i>         | jagua        |           |           | 2          | 2         | 3         | 3         | 2         |           |           |            | 12         |
| Fabaceae             | Gliricidia    | <i>Gliricidia sepium</i>        | mataratón    |           | 3         | 15         | 3         | 3         | 16        | 1         | 4         | 1         | 19         | 62         |
| Rubiaceae            | Hamelia       | <i>Hamelia patens</i>           | -            |           | 1         |            |           |           |           |           |           |           | 7          | 8          |
| Caesalpinhiaceae     | Hymenaea      | <i>Hymenaea courbaril</i>       | algarrobo    |           | 1         | 2          |           |           |           |           |           |           | 1          | 4          |
| Indeterminada        | Indeterminada | Indeterminada 1                 | -            |           |           |            |           |           |           | 2         |           |           |            | 2          |
| Indeterminada        | Indeterminada | Indeterminada 2                 | -            |           |           |            |           |           |           |           | 1         |           |            | 1          |
| Indeterminada        | Indeterminada | Indeterminada 3                 | -            |           |           |            |           |           |           |           |           | 1         |            | 1          |
| Indeterminada        | Indeterminada | Indeterminada 4                 | -            |           |           |            |           |           | 1         |           |           |           |            | 1          |
| Mimosaceae           | Inga          | <i>Inga</i> sp.                 | guamo        |           | 1         |            | 1         | 1         |           | 2         |           |           |            | 5          |
| Tiliaceae            | Luehea        | <i>Luehea seemannii</i>         | -            |           |           |            |           |           |           |           |           | 1         |            | 1          |
| Anacardiaceae        | Magifera      | <i>Magifera indica</i>          | mango        |           | 1         |            |           | 1         | 2         |           |           |           |            | 4          |
| Sapindaceae          | Matayba       | <i>Matayba</i> sp.              | -            |           | 1         |            | 1         |           |           |           |           |           |            | 2          |
| Asteraceae           | Baccharis     | <i>Baccharis</i> sp.            | -            | 12        | 44        | 44         | 31        | 16        | 39        | 60        | 20        | 8         | 60         | 290        |
| Bombacaceae          | Ochroma       | <i>Ochroma pyramidale</i>       | balso        |           |           |            |           |           |           | 6         | 31        | 1         |            | 38         |
| Rubiaceae            | Palicourea    | <i>Palicourea</i> sp.           | -            |           |           |            |           |           |           |           | 2         |           |            | 2          |
| Piperaceae           | Piper         | <i>Piper</i> sp.                | -            |           | 4         | 6          | 6         |           |           |           |           | 1         | 1          | 18         |
| Bombacaceae          | Pseudobombax  | <i>Pseudobombax septenatum</i>  | ceiba verde  |           | 1         | 4          | 3         | 1         | 1         |           |           | 1         | 1          | 12         |
| Myrtaceae            | Psidium       | <i>Psidium guajava</i>          | guayabo      |           | 5         | 26         | 5         | 2         | 5         | 5         | 10        | 4         | 6          | 73         |
| Fabaceae             | Samanea       | <i>Samanea saman</i>            | samán        |           |           |            | 2         | 1         | 2         | 1         |           | 1         |            | 7          |
| Caesalpinhiaceae     | Senna         | <i>Senna</i> sp.                | barbasco     |           | 2         |            | 4         |           |           | 1         |           |           |            | 7          |
| Anacardiaceae        | Spondias      | <i>Spondias mombin</i>          | ciruelo      |           |           | 1          |           |           |           |           |           |           |            | 1          |
| Rutaceae             | Zanthoxylum   | <i>Zanthoxylum rhoifolium</i>   | ceiba        |           |           | 1          |           |           |           |           |           |           |            | 1          |
| Rutaceae             | Zanthoxylum   | <i>Zanthoxylum</i> sp1.         | ceiba        |           | 3         |            |           |           |           |           |           | 3         |            | 6          |
| Rutaceae             | Zanthoxylum   | <i>Zanthoxylum</i> sp2.         | ceiba        |           |           | 2          |           |           |           |           |           |           |            | 2          |
| <b>Total general</b> |               |                                 | <b>34</b>    | <b>54</b> | <b>54</b> | <b>106</b> | <b>70</b> | <b>36</b> | <b>81</b> | <b>83</b> | <b>52</b> | <b>75</b> | <b>103</b> | <b>694</b> |