



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



## BANCO DE SEMILLAS EN ÁREAS DISTURBADAS DE BOSQUE SUBANDINO EN SAN BERNARDO (CUNDINAMARCA, COLOMBIA)

### Seedbank in disturbed sub-andean forest areas in San Bernardo (Cundinamarca, Colombia)

Ana María Romero López<sup>1</sup>, Nathalia Baquero Macías<sup>2</sup> & Héctor Edwin Beltrán Gutiérrez<sup>3</sup>

Romero L, A., Baquero M., N. & Beltrán G, H. (2016). Banco de semillas en áreas disturbadas de bosque subandino en San Bernardo (Cundinamarca, Colombia). *Colombia Forestal*, 19(2), 181-194.

**Recepción:** 28 de julio de 2015

**Aprobación:** 14 de marzo de 2016

#### Resumen

Se caracterizó el banco de semillas germinable (BSG) en disturbios asociados al pastoreo y plantaciones forestales en bosque subandino del municipio de San Bernardo (Cundinamarca, Colombia). Se muestrearon tres coberturas (relicto de bosque, plantación de *Eucalyptus globulus* y pastizal) por medio de transectos. Se evaluó el BSG por el método de germinación directa. La diversidad alfa se calculó a partir de los índices de Shannon-Wiener y de Simpson. La diversidad Beta se analizó con el índice de Sorensen. Para comparar los BSG en cada cobertura se realizó un análisis ANOVA. En total germinaron 127 343 semillas/m<sup>2</sup> en el relicto de bosque, 44 678 semillas/m<sup>2</sup> en la plantación y 107 747 semillas/m<sup>2</sup> en el pastizal. Se registraron 22 familias y 42 especies en el relicto de bosque; 18 familias y 36 especies en la plantación; y 20 familias y 40 especies en el pastizal. Los valores de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson fueron similares para las tres coberturas. El índice de Sorensen indicó que las tres coberturas son similares. La abundancia fue diferente entre las coberturas. El BSG encontrado es el

reflejo de disturbios en zonas adyacentes que aportan semillas de especies exóticas principalmente en las tres coberturas analizadas.

**Palabras clave:** Antrópico, cobertura, diagnostico, exótico, nativo, pastoreo, plantación, reclutamiento.

#### Abstract

The germinable seed bank (BSG) was characterized by disturbances associated with grazing and forest plantations in the sub-Andean forest of the municipality of San Bernardo (Cundinamarca - Colombia). Three coverages were sampled (forest relict, an *Eucalyptus globulus* plantation and pasture), by means of transects. The BSG was evaluated by the method of direct germination. The alpha diversity was calculated from the indexes of Shannon-Wiener and Simpson. The beta diversity was analyzed with the index of Sorensen. To compare the BSG in each coverage, a ANOVA analysis was performed. In total, 127343 seeds/m<sup>2</sup> germinated in the forest relict, 44,678 seeds/m<sup>2</sup> in the plantation and 107,747 seeds/m<sup>2</sup> in the pasture. 22 families and 42 species were recorded in the forest relict, 18 families and 36

1 Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. [anamromero15@gmail.com](mailto:anamromero15@gmail.com).

2 Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. [nbaquerom@gmail.com](mailto:nbaquerom@gmail.com).

3 Profesor asociado Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. [hebeltran@udistrital.edu.co](mailto:hebeltran@udistrital.edu.co). Autor para correspondencia.

species in the plantation and 20 families and 40 species in the pasture. The diversity values of Shannon-Wiener and Simpson and the Sorensen index were similar for all three coverages. The abundance was differed between the coverages. The BSG found is a

reflection of disturbances in adjacent areas that provide seeds of exotic species mainly in the three coverages analyzed.

**Keywords:** Anthropic, coverage, diagnosis, exotic, native, grazing, planting, recruitment.

## INTRODUCCIÓN

El ecosistema subandino se puede encontrar distribuido en algunas regiones a lo largo de las tres cordilleras en Colombia (IAvH, 2004; Rudas *et al.*, 2007). Este ecosistema posee una extraordinaria riqueza, diversidad y flora endémica, por lo que su conservación se considera prioritaria (IAvH, 2004; Solano, 2006; Reina *et al.*, 2010). Proporciona importantes servicios ambientales tales como la captación e infiltración del agua y la regulación de escorrentías, características que hacen de este ecosistema una unidad de importancia en cuanto a diversidad biológica y función ecológica (Hernández *et al.*, 2011). En los últimos años los bosques de la región subandina han sido objeto de una profunda transformación y degradación, debido a que se encuentran en las áreas de mayor densidad humana del país, encontrándose en la actualidad solo cerca de 1 033 528.24 hectáreas de los ecosistemas originales (Armenteras *et al.*, 2007; Reina *et al.*, 2010).

En este sentido, la conversión de los bosques andinos, modificados por actividad agrícola y ganadería extensivas, ha transformado de manera drástica los paisajes así como han alterado, entre otras características, la composición de los suelos, la dinámica de los ciclos biogeoquímicos ocasionando la pérdida de la biodiversidad y limitando los procesos de regeneración natural por ausencia de fuentes de propágulos que puedan ayudar en la recuperación de las interacciones en poblaciones y comunidades (Valladares, 2005). Lo anterior hace necesario el trabajo en restauración ecológica con el fin de recuperar estos ecosistemas, en el caso que se encuentren degradados, dañados o

destruidos y de esta manera devolver aquellas características ecológicas de los sitios originales (Society for Ecological Restoration, 2004).

Una de las opciones de trabajo en el proceso de recuperación de los bosques es la posibilidad de regeneración de los remanentes bióticos y la composición del banco de semillas, los cuales constituyen la memoria de aquellas condiciones que predominaron en el pasado y en el presente, así como aquellas evidencias del impacto de los disturbios en la diversidad de los ecosistemas (Baker, 1989; Torrijos, 2011; Cano *et al.*, 2012). Por lo anterior, esta reserva de semillas puede representar el potencial regenerativo de comunidades vegetales y constituirse en un componente importante dentro de la estrategia de sobrevivencia de las especies a lo largo del tiempo, al convertirse en elemento fundamental para la recuperación de áreas sometidas a disturbios (De Souza *et al.*, 2006).

La presente investigación tiene como objetivo caracterizar el BSG en el ecosistema subandino ubicado en el municipio de San Bernardo (Cundinamarca, Colombia), en tres sitios disturbados por actividades agrícolas, ganaderas y de plantaciones forestales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de la zona de estudio

El área de estudio está ubicada en el municipio de San Bernardo (Cundinamarca, Colombia), en las coordenadas 04°08'7.9"N y 074°25'31,5"W, en la vereda Pirineos bajo. La zona presenta una altitud de 2000 m, una precipitación media anual de



## Muestreo de los bancos de semillas

En cada cobertura se trazaron tres transectos de 40 m, dispuestos cada 10 m en zig-zag con un ángulo de 45°. A lo largo de cada transecto se tomaron muestras por triplicado cada tres metros (Cardona & Vargas, 2004; Cantillo *et al.*, 2008), con ayuda de un dispositivo Shelby de 3" (7.62 cm de diámetro) y a una profundidad de 15 cm (Cárdenas *et al.*, 2002; Cardona & Vargas, 2004; Cantillo *et al.*, 2008; Beltrán, 2012; figura 2).

Los transectos se ubicaron de acuerdo con la continuidad de cada cobertura, es decir, en aquellas zonas que garantizaran su demarcación, teniendo en cuenta que tuvieran las mismas condiciones de rango altitudinal y pendiente. En el caso de pastizal se realizaron transectos en pendientes menores a cinco grados, en el relicto de bosque transectos con pendientes entre cinco y diez grados y en la plantación, transectos con pendientes entre 25 y 30 grados.

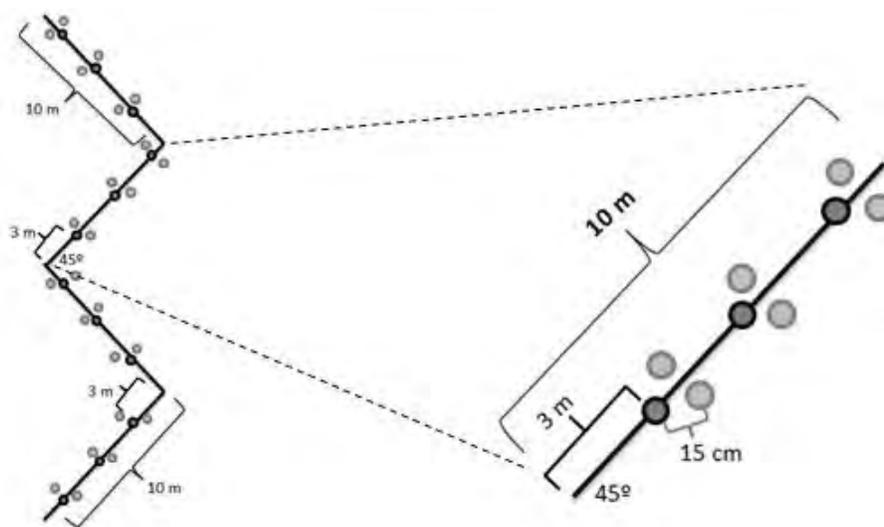
El volumen extraído para cada muestra fue de 684 cm<sup>3</sup>, para un volumen total en cada punto de 2052 cm<sup>3</sup>, según lo propuesto por otros autores (Jaimes & Rivera, 1991; Cardona & Vargas, 2004; Cantillo *et al.*, 2008; Borda & Vargas, 2011; Beltrán,

2012). Por último, las muestras se trasladaron al laboratorio de calidad ambiental de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, sede Macarena B, para su procesamiento.

## Procesamiento de las muestras

Las muestras de suelo se secaron a temperatura ambiente, se homogenizaron, se pasaron por una serie de tamices con el fin de separar raíces y restos vegetales y se dispusieron para la prueba de germinación en bandejas por un tiempo de seis meses bajo condiciones de invernadero a una temperatura promedio de 14° C y riego de 280 ml dos veces por semana (Kalamees & Zobel, 1998; Cárdenas *et al.*, 2002; Cardona, 2004; Muñoz, 2007; Piudo & Cavero, 2005; Beltrán, 2012).

Las plántulas emergidas, se contaron y removieron evitando la competencia entre ellas (Cárdenas *et al.*, 2002; Piudo & Cavero, 2005; Beltrán, 2012). Posteriormente, se determinaron taxonómicamente con ayuda de especialistas botánicos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, la Universidad Nacional de Colombia y del Jardín Botánico José Celestino Mutis



**Figura 2.** Esquema de la ubicación de los puntos de muestreo y las muestras en un transecto de 10 m.

## Tratamiento de los datos

Se calcularon los índices de Shannon-Wiener y Simpson con los datos de abundancia con ayuda del programa estadístico Past3 (Rangel *et al.*, 1997; Samo, 2008; Beltrán, 2012). Igualmente, se calculó la diversidad beta por medio del índice de Sorensen (Villarreal *et al.*, 2004; Ramírez, 2006). Con el fin de determinar la relación entre las unidades de cobertura y las especies registradas, se realizó un análisis de correspondencia y se calculó el índice de similitud de Bray-Curtis a partir de los datos de abundancias encontrados, con ayuda del programa estadístico Past3. Por último, se llevo a cabo un análisis de varianza de una vía (ANOVA), con el fin de comparar los bancos de semillas entre las tres unidades de cobertura, con ayuda de la librería Rcmdr del programa estadístico R (Fox, 2005).

## RESULTADOS

### Composición del BSG

En el Banco de semillas germinable (BSG) del relicto de bosque se registraron 127 343 plántulas/m<sup>2</sup> (46%); en la plantación plántulas/m<sup>2</sup> 44 678 (16%) y en el pastizal 107 747 plántulas/m<sup>2</sup> (38%).

### Origen de las especies del BSG

En el relicto de bosque se registraron 42 especies, de las cuales 21 (50%) fueron nativas, 17 (40.5%) exóticas y 4 (9.5%) sin determinar. En la plantación se registraron 36 especies, 18 (50%) nativas, 15 (41.7%) exóticas y 3 (8.3%) sin determinar. En el pastizal se registraron 40 especies, 19 (47.5%) nativas, 17 (42.5%) exóticas y 4 (10%) sin determinar, debido al no desarrollo de caracteres fenológicos durante el tiempo de estudio.

### Especies por familia en los BSG para las tres coberturas

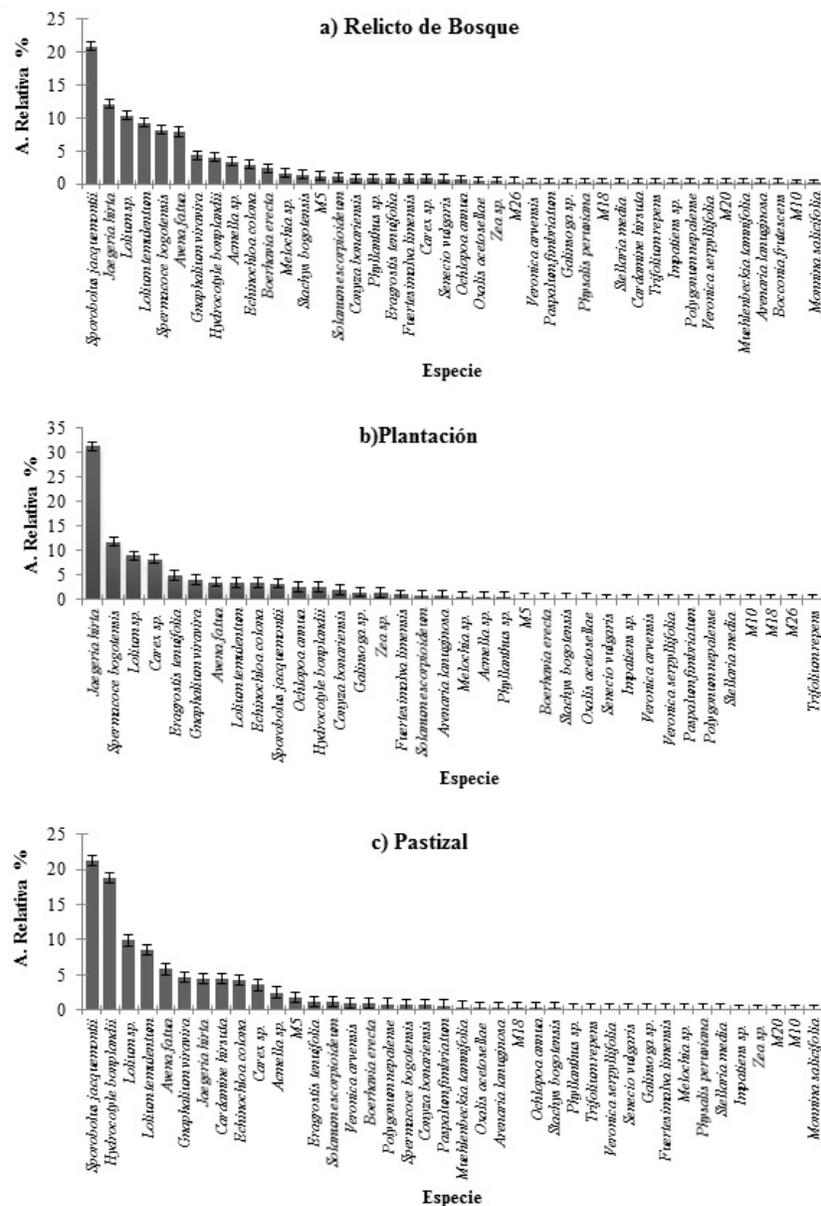
En la cobertura de relicto de bosque se registraron 22 familias y 42 especies. Las familias más representativas fueron Poaceae (9 especies), Asteraceae (8 especies), Caryophyllaceae (3 especies), Plantaginaceae, Polygonaceae, Solanaceae y Malvaceae (2 especies cada una respectivamente). El resto de familias registró una especie.

En la plantación se registraron 18 familias y 36 especies. Las familias más representativas fueron Poaceae (9 especies), Asteraceae (8 especies), Caryophyllaceae (3 especies), Plantaginaceae y Malvaceae (2 especies). El resto de familias registró una especie.

Por último, el pastizal estuvo compuesto por 20 familias y 40 especies. Las familias más representativas fueron Poaceae (9 especies), Asteraceae (8 especies), Caryophyllaceae (3 especies), Plantaginaceae, Polygonaceae, Solanaceae y Malvaceae (2 especies cada una). El resto de familias registró una especie.

### Abundancia de las especies en el BSG para las tres coberturas

En el relicto de bosque la mayor abundancia registrada fue para *Sporobolus jacquemontii* (21.33%), *Jaegeria hirta* (12.42%), *Lolium* sp. (10.45%) y *Lolium temulentum* (9.43%) (figura 3a). En la plantación, las especies con mayor abundancia fueron *J. hirta* (31.26%), *Spermacoce bogotensis* (11.84%), *Lolium* sp. (8.99%) y *Carex* sp. (8.27%) (figura 3b). Por último, en el pastizal, los mayores valores de abundancia fueron para *S. jacquemontii* (21.65%), *Hydrocotyle bonplandii* (19.11%), *Lolium* sp. (10.08%) y *L. temulentum* (8.72%) (figura 3c).



**Figura 3.** Abundancia relativa de especies en porcentaje (Media ± error típico) por tipo de cobertura. a) Relicto de bosque. b) Plantación. c) Pastizal.

**Diversidad del BSG**

El índice de Shannon-Wiener indicó que el sitio más diverso fue el relicto de bosque (2.71); seguido por pastizal (2.59) y plantación (2.52). El índice de Simpson presentó diferencia entre las unidades de cobertura; para el relicto de bosque (0.90), seguida por el pastizal (0.88) y plantación (0.86). Los

valores cercanos a uno (1) demuestran alto grado de dominancia de las especies.

De acuerdo con la composición de especies encontradas en las diferentes unidades de cobertura, el índice de Sorensen indicó que las tres coberturas son iguales entre sí, ya que presentan gran cantidad de especies en común (tabla 1).

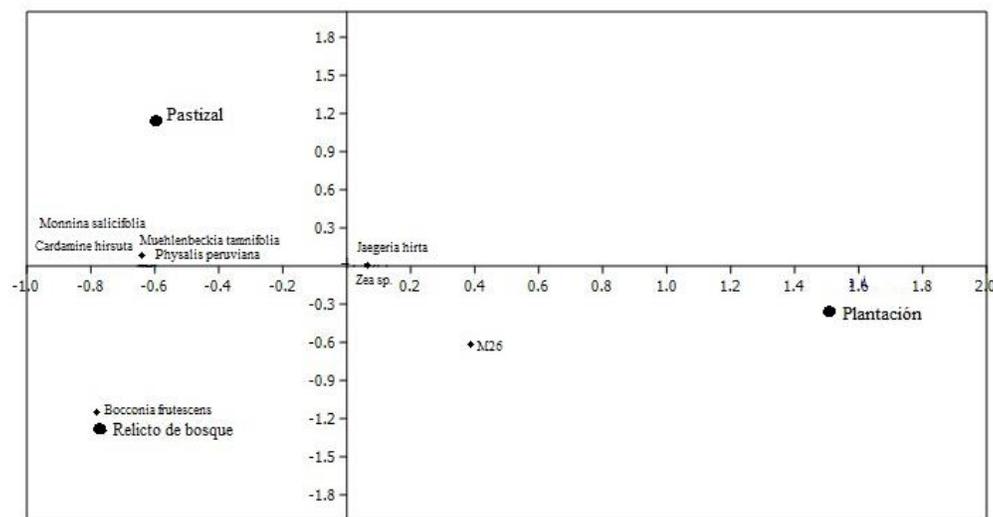
**Tabla 1.** Comparación del número de especies presentes entre las diferentes coberturas y valor del Índice de Sorensen.

Comparación relicto de Bosque-Pastizal	Índice de Sorensen	
N.º De especies comunes.	41	
N.º De especies que están presentes en el relicto de bosque, pero no en pastizal.	2	0.97
N.º De especies que están presentes en pastizal, pero no en relicto de bosque.	0	
Comparación relicto de bosque-plantación		
N.º De especies comunes.	37	
N.º De especies que están presentes en el relicto de bosque, pero no en plantación.	6	0.92
N.º De especies que están presentes en plantación, pero no en relicto de bosque.	0	
Comparación pastizal-plantación.		
N.º De especies comunes.	36	
N.º De especies que están presentes en plantación, pero no en pastizal.	1	0.92
N.º De especies que están presentes en pastizal, pero no en plantación.	5	

Teniendo en cuenta la riqueza, el análisis de correspondencia indicó que para plantación y relicto de bosque se presentó *Passiflora* sp. como especie común entre las dos coberturas. En el caso del relicto de bosque, se registró la especie *Bocconia frutescens* limitada a esta unidad de cobertura, mientras que las especies *J. hirta* y *Zea* sp. son comunes para las tres coberturas. Las especies *Monnina salicifolia*, *Muehlenbeckia tamnifolia*, *Physalis peruviana* y *Cardamine hirsuta* se registraron como especies comunes entre pastizal

y relicto de bosque. Se consideran aquellas especies del banco de semillas que más abundan para las tres coberturas. (figura 4).

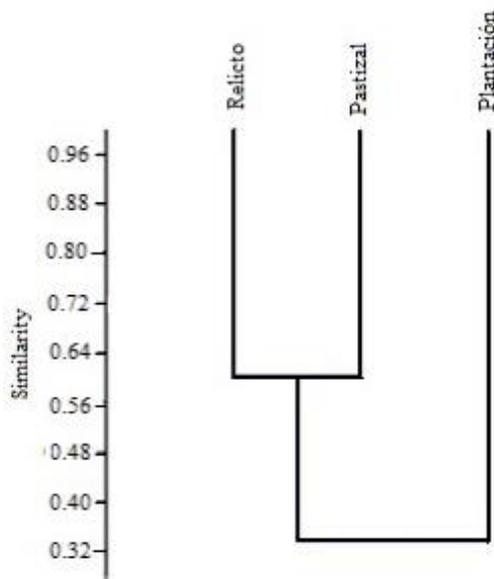
En el caso de la abundancia, las especies que presentaron correlación en cuanto al número de individuos registrados en las tres coberturas fueron principalmente *Lolium* sp., *Echinochloa colona*, *L. temulentum* y *Gnaphalium. viravira*. Especies como *Trifolium repens*, *S. jacquemontii*, *Acmella* sp. y *Avena fatua* presentan mayor abundancia en el relicto de bosque y plantación. En el relicto de



**Figura 4.** Análisis de correspondencia para la riqueza por tipo de cobertura.

bosque y pastizal se presentó mayor abundancia en las especies *Conyza bonariensis*, *Ochlopa annua*, *J. hirta*, *S. bogotensis*, *Fuertesimalva limensis* e *Impatiens* sp.; para la plantación y el pastizal las especies *Oxalis acetosellae*, *Arenaria lanuginosa*, *Carex* sp. y *H. bonplandii* tienen abundancia similar. En el caso del relicto de bosque, la especie que presentó mayor abundancia con respecto a las otras coberturas fue *Passiflora* sp., mientras que en la plantación fue *C. hirsuta* y en el pastizal *Galinsoga* sp.

El índice de similitud de Bray-Curtis demostró que las unidades de cobertura de relicto de bosque y pastizal se relacionan en un 60% aproximadamente. Mientras que estas se relacionan con la unidad de plantación en un 34% aproximadamente (figura 5).



**Figura 5.** Índice de similitud de Bray-Curtis en las tres unidades de cobertura.

El análisis estadístico de los datos (ANOVA) ratificó que existen diferencias significativas en las tres coberturas ( $P=0.00409$ ,  $F=5.584$ ,  $df=2$ ) teniendo en cuenta la abundancia de las especies (tabla 2). La mayor abundancia se presentó en el relicto de bosque con una media de 1043.80, seguida por el pastizal con una media de 888.17 y finalmente la plantación con una media de 369.24.

## DISCUSIÓN

El trabajo en el BSG forma parte esencial e importante en procesos diagnósticos de zonas disturbadas con características de inadecuadas prácticas de manejo, con el fin de definir estrategias aplicadas de restauración y establecer programas de monitoreo en dichas zonas. El presente estudio confirmó el estado actual de un ecosistema subandino particular, en donde se han implementado agroecosistemas de pastos y sus asociaciones con vegetación secundaria y cultivos, además de actividades pecuarias, entre otras (Rodríguez *et al.*, 2006; Rudas *et al.*, 2007). Lo anterior ha promovido la pérdida de especies nativas, además de cambios en las condiciones de temperatura y precipitación (Gutiérrez, 1991; Rangel *et al.*, 1997; Rodríguez *et al.*, 2006; Rudas *et al.*, 2007). Igualmente, los bosques subandinos, y de manera particular el sitio de estudio analizado, han sido afectados por fenómenos adicionales como la deforestación, la pérdida de hábitat de las especies y la llegada de especies vegetales invasoras (Reina *et al.*, 2010).

La investigación del BSG registró la mayor abundancia de especies en el relicto de bosque, seguido por el pastizal y por último la plantación.

**Tabla 2.** Valores ANOVA de comparación de abundancias en el banco de semillas germinable.

Unidad de cobertura	df	Media	Desviación estándar	P
Relicto de bosque	41	1043.80	1935.64	<2e-16***
Plantación	35	369.24	1054.95	0.000234***
Pastizal	39	888.17	1795.24	<2e-16***

De la misma forma, varias de las especies encontradas fueron comunes en las tres coberturas analizadas. Además, la presencia de un mayor número de especies de las familias Poaceae, Asteraceae y Caryophyllaceae, indica la proximidad a prados y cultivos de la zona de estudio y en general, a zonas con los mismos tipos de disturbio (Jaimes & Rivera, 1991; Thompson *et al.*, 1998; Galindo *et al.*, 2003; Fernández & Hernández, 2007; Mora, 2007; Torres, 2009; Reina *et al.*, 2010; Medina *et al.*, 2010; Barrera, 2011; Borda & Vargas, 2011; Giraldo, 2011; Beltrán, 2012; Korotkikh & Vlasenko, 2014).

La presencia de especies como *T. repens*, *S. media*, *E. colona*, y *G. viravira* demuestran proximidad de la finca El Pensil a campos agrícolas y pastizales aledaños, en donde el arribo de las especies es favorecido por la apertura de claros y las condiciones post disturbio. Lo anterior, favoreciendo la colonización y la formación de un BSG que asegure su permanencia en diferentes áreas de la finca El Pensil (Reiné *et al.*, 2006; Borda & Vargas, 2011; Torres, 2009; Beltrán, 2012; Korotkikh & Vlasenko, 2014).

Estas condiciones post disturbio podrían sugerir que las especies que se expresan a partir del BSG en el área de estudio no promoverían una trayectoria sucesional (Skowronek *et al.*, 2014) hacia el bosque subandino, debido a la posibilidad de germinación de especies exóticas, algunas con potencial invasor y capaces de formar bancos de semillas persistentes (Zhang & Chu, 2013). Además, se evidencia que las semillas de estas especies en los bancos podrían ser favorecidas por sus estrategias de dispersión y/o su longevidad (Mora, 2007; Borda & Vargas, 2011). No obstante, la presencia de algunas especies nativas como *J. hirta*, *S. jacquemontii*, *S. bogotensis*, *G. viravira* e *H. bonplandii*, con altas abundancias podrían facilitar el proceso de sucesión vegetal, al competir con especies exóticas por los recursos presentes en el sistema disturbado (Baker, 1974; Bunting, 1960; Cantuca *et al.*, 2001; Gioria *et al.*, 2014).

De igual forma, algunas especies como *Carex sp.* y *T. repens* se reportan no solo para el bosque

subandino sino también para bosque altoandino (Cardona, 2004; Cantillo *et al.*, 2008; Beltrán, 2012), lo que indica la capacidad de estas especies para dispersarse en diferentes zonas (Erfanzadeh *et al.*, 2013).

Frente a la posibilidad de emprender procesos de restauración en nuestra área de estudio se destaca la presencia en el BSG de *B. frutescens*, la cual es una especie de rápido crecimiento con producción de semillas de fácil dispersión y de tamaño pequeño. No obstante, es una especie con abundancia baja en comparación con otras especies registradas. Lo anterior le permite colonizar sitios antes que otras especies, además, se ha destacado en procesos de restauración dado su crecimiento en bordes, sitios alterados y periféricos de bosques primarios y secundarios con preferencia de lugares con buena iluminación y tolerancia a suelos pobres (Navas, 2004). Igualmente, la presencia de especies como *Passiflora sp.*, puede permitir la recuperación de componente nativo, debido a su capacidad de prevalecer en el tiempo y la formación de un BSG persistente (Borda & Vargas, 2011).

Se evidenció la presencia de especies herbáceas, las cuales son capaces de formar un banco de semillas persistente debido a la forma y tamaño pequeño característico de sus semillas, además de su facilidad de establecimiento en áreas disturbadas y su forma de dispersión principalmente anemócora, la cual puede incrementar la posibilidad de que las semillas colonicen nuevas áreas y formen rápidamente sus bancos (Enciso *et al.*, 2000; Montenegro, 2000; Acosta, 2004; Cantillo *et al.*, 2008; Zhang & Chu, 2013; Skowronek *et al.*, 2014). Dicha característica podría favorecer el aporte de semillas de especies arvenses provenientes de pastizales circundantes y zonas aledañas (Hernández *et al.*, 2009; Zeng-hui *et al.*, 2013).

En el caso del pastizal, se evidenció que el manejo del ganado es relevante para la composición de especies herbáceas del banco de semillas, lo que genera procesos de estrés, perturbación y competencia en la vegetación. Actividades como el corte de hierba y el pastoreo de animales, impiden el

desarrollo y establecimiento de plantas leñosas a partir del banco, debido a que estas son llamativas para el ganado en etapas iniciales de crecimiento, lo que podría favorecer la expansión de gramíneas con alta capacidad de regeneración. De estas especies se registraron en el banco de semillas analizado, entre otras, *T. repens* y *Lolium sp.*, las cuales son capaces de adaptarse al pisoteo y a procesos de compactación permanente (Reiné, 1998; Aponte et al., 2010).

## CONCLUSIONES

El área de estudio evidencio la afectación del ecosistema subandino debido a procesos antrópicos que originan la pérdida de la biodiversidad nativa del bosque original y facilitan el arribo de especies exóticas, algunas de ellas con características invasoras. Igualmente, la similitud en la composición de especies en las tres coberturas demuestra la influencia de una misma historia de disturbio. La riqueza de los BSG se ve marcada principalmente por especies herbáceas asociadas a pastizales y plantaciones. Nuestros hallazgos demostraron que las especies registradas en el BSG pueden contribuir poco al inicio de un proceso sucesional hacia bosque subandino, debido a que en parte corresponden a especies exóticas que promueven en el banco características diferentes a las de un ecosistema original.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por el apoyo en la financiación de nuestro estudio. A los señores José Vicente Carrillo Mora (Q.E.P.D.) y Héctor Julio Beltrán Carrillo por facilitar el trabajo en predios de la finca El Pensil. Al grupo de especialistas en Botánica Daniel Cortés, Mateo Hernández y Alejandra Chaparro. Y finalmente al topógrafo Fredy León.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M.** (2004). Efecto sobre el banco de semillas germinable en un fragmento de bosque altoandino (Reserva Forestal de Cogua, Cundinamarca). (Tesis de grado, Departamento de Biología). Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Alcaldía Municipal de San Bernardo, Cundinamarca.** (2010). Plan de contingencia para fenómenos de remoción en masa en temporada de lluvias en el Municipio de San Bernardo Cundinamarca. San Bernardo: Alcaldía Municipal de San Bernardo. 45p.
- Aponte, C., Kazakis, G., Ghosn, G., & Papanastasis, V.** (2010). Characteristics of the soil seed bank in Mediterranean temporary ponds and its role in ecosystem dynamics. *Wetlands Ecology and Management*, 18, 243-253.
- Armenteras, D., & Rodríguez, N.** (2007). *Monitoreo de los ecosistemas Andinos 1985-2005: Síntesis*. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia.
- Baker, H.** (1974). The evolution of Weeds. *Annual Review of Ecology System*, (5), 1-24.
- Baker, H.** (1989). Some aspects of the natural history of seed Banks. En Allesio, M., Parker, V. & Simpson, R. (eds.). *Ecology of soil seed banks*, 9-21. Berkeley, California: Academic Press, INC.
- Barrera, J.** (2011). Restauración ecológica de bosques altoandinos sometidos a presión antrópica: de lo teórico a lo posible. (Tesis Doctoral. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. 164 p.
- Beltrán, H.** (2012). Evaluación de matorrales y bancos de semillas en invasiones de *Ulex europeus* con diferente edad de invasión al sur de Bogotá D.C. – Colombia. (Trabajo de Maestría en Ciencias Biológicas). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 26-55.
- Borda, M. & Vargas, O.** (2011). Caracterización del banco de semillas germinable de plantaciones de pinos (*Pinus patula*) y claros en regeneración natural (alrededores del embalse de Chisacá, Bogotá- Localidad de Usme-Bosque altoandino). En: O.

- Vargas & S. Reyes (eds.). *La Restauración Ecológica en la Práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica*, 456-473. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Bunting, A.** (1960). Some reflections of the ecology of weeds. En: J. Harper (ed.). *The biology of the weeds*, 11-26. Oxford.
- Cano, A., Zabala, J., Orozco, A., Valverde, M., & Pérez, P.** (2012). Composición y abundancia del banco de semillas en una región semiárida del trópico mexicano: patrones de variación espacial y temporal. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83, 437-446.
- Cantillo, E., Castiblanco, V., Pinilla, D., & Alvarado, C.** (2008). Caracterización y valoración del potencial de regeneración del banco de semillas germinable de la reserva forestal Cárpatos (Guasca, Cundinamarca). *Revista Colombia Forestal*, 11, 45-70.
- Cantuca, S., Quevedo, E., Peña, E., & Checa, O.** (2001). Reconocimiento taxonómico de plantas asociadas con la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en plantaciones de la Zona de Tumaco. *Palmas*, 22 (1), 27-37.
- Cárdenas, C., Posada, C., & Vargas, O.** (2002). Banco de semillas germinable de una comunidad vegetal de paramo húmedo sometida a quema y pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia). *Revista Ecotropicos*, 15 (1), 51-60.
- Cardona, A.** (2004). Potencial de regeneración del banco de semillas germinable en dos tipos de bosque subandino: implicaciones para la restauración (Reserva biológica Cachalú, Encino, Santander). (Trabajo de grado). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Cardona, A., & Vargas, O.** (2004). El banco de semillas germinable de especies leñosas en dos bosques subandinos y su importancia para la restauración ecológica (Reserva Biológica Cachalú – Santander, Colombia). *Revista Colombia Forestal*, 8 (17), 60-74.
- De Souza, M., Maia, F., & Pérez, M.** (2006). Bancos de semillas en el suelo. *Agriscientia*, 23 (1), 33-44.
- Enciso, J., Garcia, P., & Cerdá, A.** (2000). Distribución del banco de semillas en taludes de carretera: efecto de la orientación y de la topografía. *Orsis*, 15, 103-113.
- Erfanzadeh, R., Hamzeh, S., Azarnivand, H., & Pétilon, J.** (2013). Comparison of soil seed banks of habitats distributed along an altitudinal gradient in northern Iran. *Flora*, 208, 312-320.
- Fernández, J., & Hernández, M.** (2007). Catálogo de la lora vascular de la cuenca alta del río Subachoque (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia*, 29 (1), 73-104.
- Fox, J.** (2005) The R Commander: A Basic Statistics Graphical User Interface to R. *Journal of Statistical Software*, 14(9): 1–42.
- Galindo, T., Betancur, J., & Mendoza, H.** (2003). Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del santuario de flora y fauna Guanentá – Alto Río Fonce, Cordillera oriental colombiana. *Caldasia*, 25, 313-325.
- Gioria, M., Jarosík, V., & Pysek, P.** (2014). Impact of invasions by alien plants on soil seed bank communities: Emerging patterns. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 16, 132-142.
- Giraldo, D.** (2011). Catálogo de la familia Poaceae en Colombia. *Revista Darwiniana*, 49 (2), 139-247.
- Gutiérrez, H.** (1991). Clasificaciones Climáticas. Recuperado de: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/016592/clasificacionclima.pdf>.
- Hernández, M., Rosales, N., & Cortés, S.** (2011). Riqueza y diversidad florística de un bosque de niebla subandino en la Reserva Forestal Laguna De Pedro Palo (Tena – Cundinamarca, Colombia). *Universidad Militar Nueva Granada*, 7 (1), 32-47.
- Hernández, R., Malkind, S., & Mora, A.** (2009). Estudio del banco de semillas de un bosque húmedo montano bajo de Mérida, Venezuela. *Pittieria*, 33, 47-58.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.** (2004). Informe Anual 2003. Proyecto Conservación y uso sostenible de la biodiversidad de los Andes colombianos. Bogotá:

Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt.

- Jaimes, V., & Rivera, D.** (1991). Banco de semillas y tendencias en la regeneración natural de un bosque altoandino en la región de Monserrate (Cundinamarca, Colombia). *Perez Arbelaezia*, 3 (9), 3-35.
- Kalamees, R., & Zobel, M.** (1998). Soil seed bank composition in different successional stages of a species rich wooded meadow in Laelatu, western Estonia. *Acta Oecologica*, 19, 175-180.
- Korotkikh, N., & Vlasenko, N.** (2014). Dynamics of soil seed bank of weeds depending on cultivating technologies of agricultural crops. *Russian Agricultural Sciences*, 40 (3), 191-194.
- Medina, R., Reina, M., Herrera, E., Ávila, F., Chaparro, O., & Cortés, R.** (2010). Catálogo preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la Cuchilla El Fara (Santander- Colombia). *Revista Colombia Forestal*, 13 (1), 55-85.
- Montenegro, A.** (2000). Estrategias de dispersión y regeneración por banco de semillas en dos comunidades de bosque altoandino. (Tesis de grado). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 132p.
- Mora, J., Figueroa, Y., & Vivas, T.** (2007). Análisis multi-escala de la vegetación de los alrededores del embalse de Chisacá (Cundinamarca, Colombia). Implicaciones para la formulación de proyectos de restauración ecológica a nivel local. En: O. Vargas (Ed). *Restauración ecológica del bosque altoandino. Estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del Embalse de Chisacá (Localidad de Usme, Bogotá D.C.)*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Jardín Botánico José Celestino Mutis, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente. 516p.
- Muñoz, Z.** (2007). Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de *Eucalyptus globulus* (Labill). (Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Forestales) Chile: Universidad Austral de Chile. 10 p.
- Navas, A.** (2004). Las hierbas también son arboles: Crecimiento y arquitectura de *Bocconia frutescens*. (Tesis B.Sc. Biología). Bogotá: Universidad de los Andes. 44 p.
- Øyvind Hammer.** (2013). PAST PALEontological STatistics. Oslo: Natural History Museum. University of Oslo. Recuperado de <http://folk.uio.no/ohammer/past/>.
- Piudo, M., & Caverro, R.** (2005). Banco de Semillas: Comparación de metodologías de extracción, de densidad y de profundidad de muestreo. *Publicaciones de Biología, Universidad de Navarra, Serie Botánica*, 16, 71-85.
- Quintana, P., Gonzales, M., Ramírez, N., Domínguez, G., & Martínez, M.** (1996). Soil seed Banks and regeneration of tropical rain forest from Milpa fields at the Selva Lacandona, Chiapas, México. *Biotropica*, 28 (2), 192-209.
- R Development Core Team.** (2008). R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0, Recuperado de: <http://www.R-project.org>.
- Ramírez, A.** (2006). Ecología. Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. 271 p.
- Rangel, J., Lowy, P., & Aguilar, M.** (1997). Colombia – Diversidad Biótica II. Tipos de vegetación en Colombia. Bogotá. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) & Ministerio del Medio Ambiente. 397 p.
- Reina, M., Medina, R., Ávila, F., Ángel, S., & Cortés, R.** (2010). Catálogo preliminar de la flora vascular de los bosques subandinos de la reserva biológica Cachalú, Santander (Colombia). *Revista Colombia Forestal*, 13 (1), 27-54.
- Reiné, R.** (1998). El banco de semillas del suelo en comunidades Pratenses de Montaña, con distintos regímenes de gestión agrícola. Universitat de Lleida.
- Reiné, R., Chocarro, C., & Fillat, F.** (2006). Spatial patterns in seed bank and vegetation of seminatural mountain meadows. *Plant. Ecology*, 186, 151-160.

- Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M., & Romero, M.** (2006). *Ecosistemas de los Andes colombianos*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 154p.
- Rudas, G., Marcelo, D., Armenteras, D., Rodríguez, N., Morales, M., Delgado, L. & Sarmiento, A.** (2007). Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. Bogotá D.C. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 37p.
- Samo, A., Garmendia, A., & Delgado, J.** (2008). *Introducción Práctica a la Ecología*. España: Pearson Education SIA. 190-192.
- Skowronek, S., Terwei, A., Zerbe, S., Mölder, I., Annihöfer, P., Kawaletz, H., Ammer, C., & Heilmeyer, H.** (2014). Regeneration potential of floodplain forests under the influence of nonnative tree species: Soil seed bank analysis in northern Italy. *Restoration Ecology*, 22 (1), 22-30.
- SER (Society for Ecological Restoration International)**. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. Recuperado de: [www.ser.org](http://www.ser.org).
- Solano C.** (2006). Reserva biológica Cachalú: 10 años de investigación en bosques de roble. En: C. Solano & N. Vargas (eds.) *Memorias del primer simposio internacional de Roble y Ecosistemas asociados*, 11-23. Bogotá: Fundación Natura, Pontificia Universidad Javeriana.
- Thompson, K., Bakker, J., Bekker, M., & Hodgson, G.** (1998). Ecological Correlates of Seed Persistence in Soil in the North-West European Flora. *Journal of Ecology*, 86, 163-169.
- Torres, N.** (2009). Banco de semillas germinable en áreas invadidas por retamo espinoso (*Ulex europaeus*) con diferentes edades de quema (alrededores del embalse de Chisacá Bogotá- localidad de Usme). (Trabajo de Grado Facultad de Ciencias). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. 110 p.
- Torrijos, P.** (2011). Evaluación del potencial natural de restauración en sabanas y bosque de Piedemonte en Casanare, Colombia. En: O. Vargas & S. Reyes (eds.). *La Restauración Ecológica en la Práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica*, 346-358. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Valladares, F.** (2005). Impacto sobre los ecosistemas terrestres. En: M. d. Ambiente (eds.). *Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*, 65-72. España: Centro de Publicaciones. Secretaria General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., & Umaña, A.** (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 236p.
- Zeng-hui, H., Yang, Y., Ping-sheng, L., De-quan, D., Bo, Z., & Bing-fei, H.** (2013). Characteristics of soil seed bank in plantation forest in the rocky mountain region of Beijing, China. *Journal of forestry Research*, 24 (1), 91-97.



**Zhang, H., & Chu, M.** (2013). Changes in soil seed bank composition during early succession of rehabilitated quarries. *Ecological Engineering*, 55, 43-50.