

# Biodiversidad Vegetal Asociada a Plantaciones Forestales de *Pinus caribaea* Morelet y *Eucalyptus pellita* F. Muell Establecidas en Villanueva, Casanare, Colombia

Plant Biodiversity Associated to Forest Plantations with *Pinus caribaea* Morelet and *Eucalyptus pellita* F. Muell Established in Villanueva, Casanare, Colombia

Fernando Fernández Méndez<sup>1</sup>; Yeimy Katherine Camargo Martínez<sup>2</sup> y Mónica Bibiana Sarmiento<sup>3</sup>

**Resumen.** Se analizó en una plantación ubicada en el bosque húmedo tropical la posibilidad que tienen las especies nativas de formar un sotobosque bajo plantaciones de *Pinus caribaea* y *Eucalyptus pellita*. Se establecieron parcelas permanentes en las plantaciones por especie, edad y tratamiento silvicultural; parcelas similares se instauraron en bosque natural y sabana. Se registraron individuos clasificados por tamaño y hábito. Se determinaron 49 familias botánicas y 102 especies. La mayor y menor diversidad se presentó en el bosque natural y en la sabana con 53 y 18 especies, respectivamente. Entre plantaciones, se encontró mayor diversidad en *P. caribaea*, con 46 especies, que en *E. pellita* con 38 especies. El cociente de mezcla indicó una vegetación heterogénea en todos los usos. Los índices Margalef y Menhinick mostraron que el bosque es más diverso, seguido de las plantaciones de mayor edad y por último la sabana. Los índices de Shannon y Simpson califican todos los sitios con vegetación heterogénea. Los tratamientos tuvieron diferencias estadísticas significativas en número de individuos, especies y categorías de tamaño, a excepción de las herbáceas. En cuanto a composición y abundancias se destacan tres grandes grupos: bosque con plantaciones maduras, plantaciones de edades intermedias y plantaciones jóvenes con sabana. Se observó una alta betadiversidad entre los tratamientos, que compartían menos del 50% de las especies y abundancias, según los índices Jaccard y Sorensen. Entre plantaciones se presentó el mayor número de especies compartidas. Se concluye que las plantaciones albergan buena cantidad de biodiversidad vegetal de sotobosque y no impiden el establecimiento de especies nativas.

**Palabras clave:** Plantaciones forestales comerciales, sotobosque, sucesión vegetal, especies nativas.

**Abstract.** It was analyzed in a plantation located in the tropical rainforest, the possibility that native species forming an understory in *Pinus caribaea* and *Eucalyptus pellita* plantations. Were established permanent plots, within plantations by species, age and silvicultural treatment, also in the natural forest and savannah. Individuals were classified by size and habit. 49 families and 102 botanical species were identified. The highest and lowest diversity occurred in the natural forest and savannah with 53 and 18 species, respectively between plantations, there was greater diversity with *P. caribaea* with 46 species that in *E. pellita* with 38 species. The mixing ratio shows a heterogeneous vegetation in all uses. The richness indices of Margalef and Menhinick, show more species diversity in forest, plantations followed older and finally the savannah. Shannon and Simpson indices show all sites with heterogeneous vegetation. The treatments had statistically significant differences in number of individuals, species and size classes except forbs. Regarding abundance were three major groups: mature forest plantations, intermediate plantations, and young plantations with savannah. High diversity was observed between the treatments that shared less than 50% of species and abundances, according to indexes of Jaccard and Sorensen. Among plantations had the highest number of shared species. Concludes that in plantation grows understory plant biodiversity and don't prevent the establishment of native species.

**Key words:** Commercial forest plantations, understory, plant succession, native species.

Las plantaciones forestales han sido objeto de gran discusión en torno a sus impactos sobre el medio ambiente, en especial cuando se realizan con especies introducidas a las zonas neotropicales (FAO, 1986; Pinilla y Suárez, 1998). Estas plantaciones son denominadas como bosques plantados (FAO, 2011) y para Colombia son consideradas como una cobertura dentro de la categoría de agroecosistemas (IDEAM *et al.*, 2007).

El manejo de plantaciones es uno de los temas más polémicos del manejo forestal sostenible (FSC, 2004) y su uso para restaurar diversos ecosistemas en terrenos degradados es atrayente, pero controversial al momento de hablar de conservación de biodiversidad y conectividad estructural del paisaje (Hagggar *et al.*, 1997; Lugo, 1997; Bennett, 2004). En la actualidad, en el trópico se desarrollan grandes proyectos de

<sup>1</sup> Profesor Asistente. Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Dinámica de Ecosistemas Tropicales. Laboratorio de Dendrología. A.A. 546. Ibagué, Colombia. <fmendez@ut.edu.co>

<sup>2</sup> Auxiliar Técnico. Federación Nacional de Cafeteros, Comité Tolima. Edificio del Café. Calle 17 carrera 2. Ibagué, Colombia. <kcamargo1987@hotmail.com>

<sup>3</sup> Jefe de Operaciones Forestales. Refocosta S.A.S., Proyecto Villanueva. km 2 vía Aguacalara – Villanueva, Casanare, Colombia. <monicas@refocosta.com>

Recibido: Febrero 05 de 2012; aceptado: Julio 06 de 2012.

reforestación con diferentes especies introducidas, entre ellas los géneros *Eucalyptus* y *Pinus* que registran 13,8 millones de ha en Suramérica (FAO, 2011) y 161.050 ha en Colombia, según el mapa de ecosistemas (IDEAM *et al.*, 2007).

Para Colombia se han realizado diversos estudios del comportamiento y evolución de las plantaciones forestales durante los últimos 20 años. Investigaciones puntuales, de entidades de carácter privado y mixto, han sido hechas principalmente en silvicultura, aprovechamiento forestal, nutrición forestal, podas, raleos y control de plagas, dejando de lado la caracterización integral del sistema ecológico y los aspectos socioeconómicos (FAO, 2000).

El desarrollo de proyectos forestales a gran escala condujo a discutir los impactos positivos y negativos que pueden causar estos sobre la vegetación nativa (Parrota, 1995; Pinilla y Suárez, 1998). En diversos trabajos desarrollados en la India (Rajvanshi *et al.*, 1983; George *et al.*, 1993), Australia (Keenan *et al.*, 1997) y Brasil (Souza *et al.*, 2007) han encontrado que en el sotobosque de las plantaciones de eucalipto crece un número importante de especies. En Colombia, en plantaciones de *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica* (Cavelier y Tobler, 1998) y en la región del Vichada, se registra desarrollo de sotobosque de especies nativas bajo plantaciones de *P. caribaea* (Dueñas y Cortés, 1990).

Los efectos del eucalipto y el pino sobre la vegetación rasante dependen en gran medida del clima, en la mayoría de los casos se deben a la competencia por el agua y las consecuencias de la reducción de la luz. La vegetación rasante se ve menos afectada en un ambiente húmedo que en uno seco, para entender este comportamiento las investigaciones específicas a corto plazo sobre lugares específicos pueden ofrecer ayuda para adoptar decisiones a nivel local (FAO, 1986; Lima, 1996; Viani *et al.*, 2010). Concretamente, se han establecido correlaciones entre los patrones estructurales de las plantaciones y la composición de la diversidad del sotobosque; factores como diámetro promedio, densidad, área basal, altura de dosel, longitud del fuste y cobertura de copa son las que determinan el tipo y cantidad de vegetación (Geldenhuys, 1997; Cavelier y Tobler, 1998). De hecho, está demostrado que en un ciclo largo dichos factores en su conjunto hacen que las plantaciones de pino mantengan condiciones ambientales para que un razonable número de especies endémicas

se establezcan permanentemente en el sotobosque (Real de Abreu *et al.*, 2011).

El Proyecto Villanueva trabaja principalmente con especies de rápido crecimiento como el *P. caribaea* originario de México y América Central; *P. caribaea* es un árbol siempre verde que se adapta bien a una gran variedad de sitios, incluyendo los degradados, con limitantes para otras especies forestales; *E. pellita* es siempre verde con desarrollo recto, se cultiva en lugares abiertos y puede soportar temperaturas extremas y suelos con limitantes (FAO, 1981; Ruiz, 2002). Las dos especies se han adaptado muy bien en los llanos orientales de Colombia.

A partir de estudios en campo, se pueden determinar las interacciones de las plantaciones con la sucesión natural de las especies nativas. La diversidad florística y la abundancia de especies nativas podría constituirse como potencial de recuperación de áreas que han perdido la composición propia, y complementar el desarrollo forestal de la región de la Orinoquía en armonía con la biodiversidad.

Este estudio aborda dicha discusión con datos tomados sistemáticamente en plantaciones forestales. Los objetivos principales son: caracterizar la vegetación del sotobosque que se establece en las plantaciones de *E. pellita* y *P. caribaea*. Comparar la composición y diversidad de la regeneración que se establece en las plantaciones en diferente estado de desarrollo y manejo con los usos predominantes en la región, sabana y bosques de galería. Determinar el gradiente de vegetación rasante establecida, producto de las propiedades estructurales de cada rodal tomadas en conjunto como un tratamiento. Finalmente, se pretende contribuir al conocimiento de la interacción de las plantaciones con la regeneración natural, aportando elementos científicos para el buen manejo forestal de la mano de la conservación de la biodiversidad en la región de la Orinoquía colombiana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** La región de los Llanos Orientales de Colombia tiene aproximadamente 17 millones de ha, el estudio se localizó en predios de la Reforestadora de la Costa S.A.S. (Refocosta), ubicados al sur del departamento de Casanare sobre la parte baja del piedemonte a orillas del caño Aguaclara a 4°57'N y 73°94'O (EOT Villanueva, 2000; Rippstein *et al.*, 2001). Las plantaciones hacen parte del Proyecto

Villanueva y se encuentran establecidas en la zona de vida bosque húmedo tropical, a una altura sobre el nivel del mar de 550 m y precipitación anual promedio de 2.746 mm, con temperatura media anual de 27 °C y humedad relativa del 75%. El principal uso del suelo es la ganadería extensiva y el desarrollo agroindustrial se expresa en la producción de arroz y de aceite de palma. Otros sistemas productivos son soya, algodón, plátano, yuca, cítricos, madera, postes y ganado vacuno (EOT, 2000-2009).

El Proyecto Villanueva tiene una extensión de 3.500 ha, de las cuales 2.200 ha están reforestadas con *Pinus caribaea*, *P. oocarpa*, *Eucalyptus tereticornis*, *E. urophylla*, *E. pellita* y algunos ensayos con especies nativas maderables como Cañofistol (*Cassia grandis*), Tortolito (*Didimopanax morototoni*) y Tambor (*Schizolobium parahyba*); otras 780 ha están destinadas a ganadería, y el resto del terreno lo conforman bosques de galería, vías y calles corta fuegos. Los suelos tienen características típicas de una formación debida a condiciones de temperatura alta y continua, a exceso de humedad en la época lluviosa y a una alta concentración de óxidos de Fe y Al en las capas de las cuencas de sedimentación. La continua pérdida de minerales esenciales de fácil intemperismo, causado por la lixiviación, origina un

alto grado de acidez en el suelo. Se presentan suelos franco arenosos, con valores bajos de pH, contenidos altos de aluminio, suelos pobres en P, N y materia orgánica, bien drenados y profundidad efectiva mayor a un metro, característica importante para un buen desarrollo de las plantaciones forestales (IGAC, 1991).

**Métodos de campo.** Se establecieron 50 parcelas permanentes de monitoreo en las plantaciones objeto de estudio, dividiendo los rodales por categorías según el tratamiento silvicultural aplicado y rango de edad, lo cual permite condensar todas las propiedades estructurales de los rodales, como altura, densidad y cobertura de copas, en un sólo factor que determina la respuesta de la vegetación rasante a establecerse (Tabla 1). No se logró constituir un diseño equitativo debido a que no en todas las categorías se encontró el número de rodales adecuado para tener la misma cantidad de parcelas y evitar la pseudoreplicación en los rodales pequeños. Las parcelas fueron delimitadas y georeferenciadas, para el establecimiento se realizó un levantamiento planimétrico de 10x10 m dentro de los rodales, teniendo en cuenta una distancia mínima de 20 m al borde de cada rodal (Camargo, 2009), esta metodología también fue usada por Cavelier y Tobler (1998).

**Tabla 1.** Tratamientos y número de parcelas establecidas en el paisaje de plantaciones forestales, bosques de galería y sabana en Villanueva, Casanare – Colombia.

	Categoría	No. Parcelas	
		Pino	Eucalipto
0	Sabana		5
1	Plantación recién establecida (0-3 años)	4	3
2	Plantación sin entresaca (3-7 años)	2	3
3	Plantación sin entresaca (7-12 años)	5	2
4	Plantación con entresaca (7-12 años)	2	3
5	Plantación con entresaca (12 años en adelante)	4	3
6	Bosque Natural	7	7
TOTAL			50

**Variables de muestreo.** Se realizó el censo en cada parcela de la vegetación de sotobosque existente y se tuvieron en cuenta las categorías de tamaño propuestas por Dubois (1980), renuevos (B), plántones (U1:30-150 cm; U2:150-300 cm) y establecidos (E), para los individuos juveniles de especies de hábito arbóreo, además se incluyeron las plantas con hábito herbáceo

y arbustivo. Se registró su nombre vulgar, categoría de tamaño y se colectaron tres muestras botánicas por morfoespecie. La determinación se desarrolló en el Laboratorio de Dendrología y el Herbario Toli de la Universidad del Tolima, procurando llegar hasta la categoría taxonómica de especie, mediante la comparación de los ejemplares colectados con los

presentes en el herbario, claves taxonómicas, catálogos y libros de la región. El material vegetal colectado se herborizó y se anexó a la colección del Herbario Toli y del Laboratorio de Dendrología de la Universidad del Tolima.

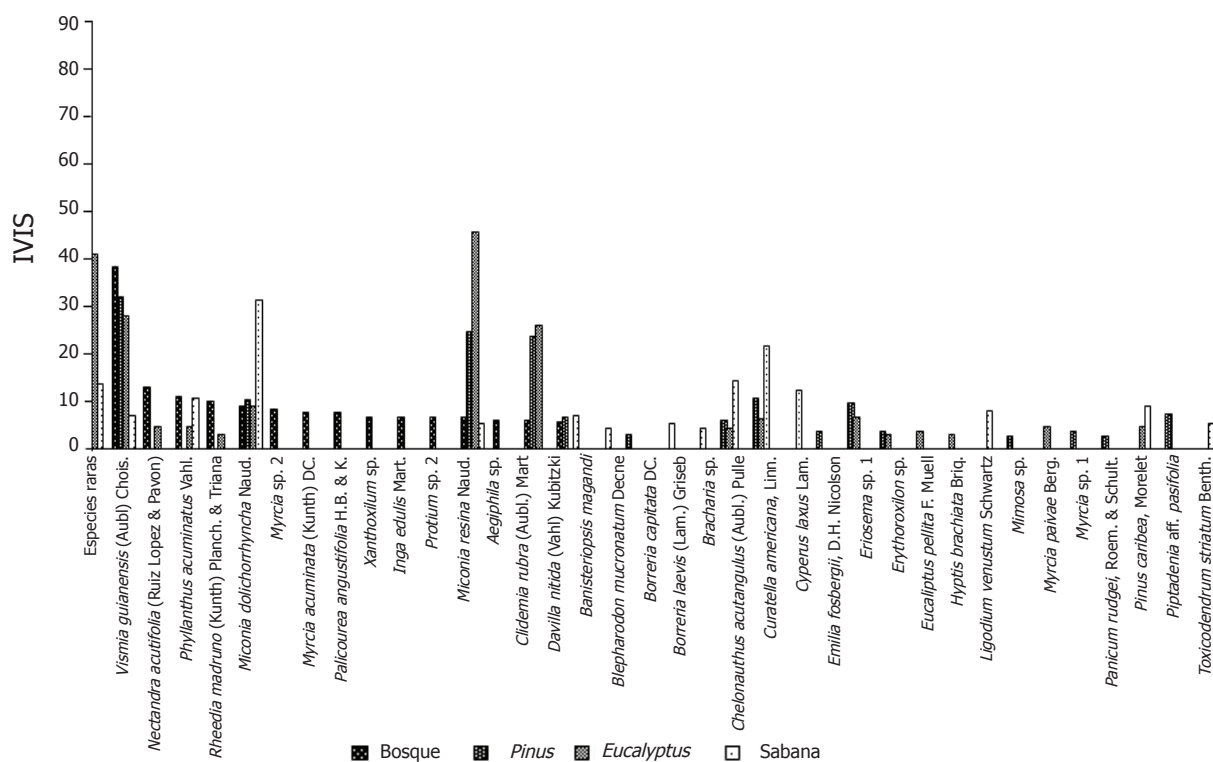
**Análisis de datos.** Para caracterizar la vegetación en todas las coberturas se calculó abundancia, frecuencia e Índice de Valor de Importancia Simplificado (IVIS) excluyendo la dominancia (Magurran, 1988) y el Cociente de Mezcla (CM) por tratamiento, seguidamente un análisis de alfa diversidad con índices de riqueza de especies (Margalef y Menhinick) e índices basados en la abundancia relativa de especies, Shannon-Wiener y Simpson.

Para comparar los tipos de vegetación establecida se realizaron dos análisis de varianza y pruebas de Duncan ( $P \leq 0,05$ ) para la comparación de medias por tratamiento silvicultural entre los rodales de pino y eucalipto por separado con las parcelas de bosque de galería más cercanas a los rodales de cada especie y la sabana; se consideraron como covariables la distancia al bosque de cada parcela y la cobertura

del dosel medida con densitómetro de espejo cóncavo, como variables de respuesta el número de individuos, número de especies arbóreas, renuevos, plantones U1 y U2, establecidos, herbáceas e índices de alfa diversidad, todo con el programa InfoStat Profesional 2009 (Di Rienzo *et al.*, 2009). Esta comparación se complementó con un análisis de beta diversidad, el índice de Jaccard, coeficiente de Sorensen y coeficiente cuantitativo de Sorensen, los cuales permiten profundizar en las diferencias que pueden tener las comunidades establecidas proporcionalmente en cuanto su composición.

## RESULTADOS

Todo el muestreo presentó 102 morfoespecies en 51 familias botánicas (Apéndice 1). El número total de individuos fue 3.061 para una intensidad de mezcla de 1:30, mostrando una vegetación heterogénea. Para los cuatro usos de suelo evaluados la regeneración natural fue representada en su mayoría por las especies raras mostrando la variabilidad en la composición de la regeneración entre los tratamientos (Figura 1).



**Figura 1.** Histograma de índice de valor de importancia simplificado (IVIS) para la regeneración natural de los cuatro usos de suelo evaluados en Villanueva, Casanare – Colombia.

En bosque natural se encontraron 1981 individuos en 53 especies, con cociente de mezcla 1:37, siendo esta la vegetación más heterogénea. Las especies con mayor peso ecológico fueron *Vismia guianensis* (Aubl) Choisy, *Nectandra acutifolia* (Ruiz López & Pavon), *Phyllanthus acuminatus* Vahl., *Rheedia madruno* (Kunth) Planch. & Triana y *Miconia dolichorrhyncha* Naud. El resto de especies tuvieron IVIS menor a 10 (Figura 1). Este bosque presenta la mayor riqueza de especies con índices de Margalef

y Menhinick, de 11,79 y 2,07, respectivamente; el índice de Shannon-Wiener, con 0,42 (H') y 0,09 (E), evidencia en esta categoría la mayor heterogeneidad (Tabla 2). El bosque presenta los valores más altos en casi todas las variables del muestreo, hábitos de planta evaluados y tamaños de regeneración, excepto en los plántones inferiores (U1) donde el número de individuos es de 42 y sólo lo supera la plantación de eucalipto de 7 a 12 años sin entresaca (Tabla 3).

**Tabla 2.** Índices de diversidad del sotobosque en *Pinus caribaea*, bosque de galería y sabana en Villanueva, Casanare – Colombia.

Variable Categoría	D <sub>Mg</sub> P=<0,001*	D <sub>Mn</sub> P=0,2657	H' P=0,0025*	E P=0,0015*	D P=0,1609
0	5,21 a	1,28 a	0,28 a	0,06 a	0,37 a
1	6,23 b	1,11 a	0,33 a	0,07 b	0,41 a
2	9,71 b	1,77 a	0,35 a	0,08 b	0,46 a
3	3,73 a	1,22 a	0,24 a	0,05 a	0,32 a
4	6,11 b	1,33 a	0,29 a	0,07 b	0,33 a
5	4,81 a	1,09 a	0,26 a	0,06 a	0,33 a
6	11,79 b	1,78 a	0,42 b	0,09 b	0,45 a

0: Sabana; 1: Plantación recién establecida (0-3 años); 2: Plantación sin entresaca (3-7 años); 3: Plantación sin entresaca (7-12 años); 4: Plantación con entresaca (7-12 años); 5: Plantación con entresaca (12 años en adelante); 6: Bosque de galería

D<sub>Mg</sub> = Índice de Margalef; D<sub>Mn</sub> = Índice de Menhinick; H' = Índice de Diversidad de Shannon; E = Índice de Uniformidad de Shannon; D = Índice de Simpson

\* Diferencias Significativas P≤0,05. Diferentes letras: diferencias de medias de acuerdo con Duncan.

**Tabla 3.** Hábitos y categorías de tamaño de vegetación en *Eucalyptus pellita*, bosque de galería y sabana en Villanueva, Casanare – Colombia.

Variable Categoría	N P=0,0409	S P=0,024	Sp. arb. P=0,6774	B P=0,6774	U1 P=0,0171	U2 P=0,4024	E P=0,0074*	Herb. P=0,9615
0	23,40 b	5,60 b	2,40 a	4,00 a	4,40 a	5,20 a	2,00 a	7,80 a
1	16,41 a	6,29 b	2,54 a	9,64 a	0,32 a	0,73 a	0,95 a	4,77 a
2	25,12 a	5,08 a	3,16 a	7,93 a	10,45 b	2,56 a	0,19 a	4,70 a
3	48,04 a	3,54 a	3,33 a	2,40 a	44,98 c	0,04 a	0,61 a	1,32 a
4	43,16 a	9,43 b	5,65 a	11,26 a	21,20 b	2,95 a	0,09 a	7,66 a
5	66,44 b	6,21 a	5,03 a	28,69 a	25,80 c	5,73 a	0,94 a	5,27 a
6	121,65 b	10,39 b	8,44 a	60,35 a	41,20 c	7,93 a	5,23 b	6,95 a

0: Sabana; 1: Plantación recién establecida (0-3 años); 2: Plantación sin entresaca (3-7 años); 3: Plantación sin entresaca (7-12 años); 4: Plantación con entresaca (7-12 años); 5: Plantación con entresaca (12 años en adelante); 6: Bosque de galería

N= Número de individuos; S= Número de especies; Sp. arb.= Número de especies de tipo arbórea; B= Número renuevos; U1= Plántones inferiores (con alturas entre 30-150 cm); U2= Plántones superiores (con alturas entre 150-300 cm); E= Establecidos; Herb.= Número de especies de tipo Herbáceo.

\* Diferencias Significativas P<0,05. Diferentes letras: Diferencias significativas entre medias de acuerdo con Duncan.



En las plantaciones de *P. caribaea* se encontraron 455 individuos en 46 especies, con un cociente de mezcla de 1:10, más heterogénea que el bosque y similar a eucalipto (Apéndice 1). La especie *Vismia guianensis* (Aubl) Chois presenta la mayor importancia con un valor IVIS de 32,2, seguida de *Miconia resina* con 24,9 y *Clidemia rubra* con 23,7. El mayor IVIS (47,9) es para un conjunto de especies agrupadas como raras, se destaca la regeneración de *P. caribaea* con un IVIS de 7,6, lo que demuestra que la especie se reproduce y aporta individuos al sotobosque.

El índice de uniformidad de Shannon tiene un valor representativo en la categoría de plantación con entresaca (7-12 años), que por sus características del aprovechamiento presenta también un alto número de individuos de regeneración, aunque exhibe un alto grado en la homogeneidad de especies (0,08); la categoría de plantación con entresaca (12 años en adelante) es la más diversa; mientras que

la categoría de plantación recién establecida (0-3 años) presenta el valor más bajo con 0,07, debido a que en esta categoría se ha preparado el terreno para el establecimiento de la plantación liberándolo de cualquier especie que se esté desarrollando (Tabla 2). Las herbáceas presentan el mayor valor (15,5) en la categoría de plantación sin entresaca (3-7 años), el resto de categorías tienen valores bajos en todas las categorías de tamaño (Tabla 4).

En *E. pellita*, se encontraron 508 individuos en 38 especies, con intensidad de mezcla de 1:13 siendo más heterogénea que el bosque (Apéndice 1). En este uso de suelo la especie con mayor importancia ecológica es *Miconia resina* Naud., IVIS de 46, seguida por *Vismia guianensis* (Aubl) Chois., con un valor de 28,3. Se destaca la presencia de regeneración natural de *E. Pellita* con 3,1 de IVIS, mostrando que la especie se reproduce y aporta individuos al sotobosque que se forma al igual que el pino (Figura 1).

**Tabla 4.** Hábitos y categorías de tamaño de vegetación en plantaciones de *Pinus caribaea*, bosque de galería y sabana en Villanueva, Casanare – Colombia.

Variable Categoría	N P=0,0002*	S P=<0,0001*	Sp. arb. P=<0,0001*	B P=0,0121*	U1 P=0,0007*	U2 P=0,0037*	E P=0,0001*	Herb. P=0,2888
0	23,40 a	5,60 a	2,40 a	4,00 a	4,40 a	5,20 a	2,00 a	7,80 a
1	30,80 a	6,60 b	1,80 a	5,40 a	15,40 b	0,40 a	0,00 a	9,60 a
2	33,00 b	10,00 b	5,50 b	5,00 a	10,50 b	1,50 a	0,50 a	15,50 a
3	14,00 a	4,20 a	2,40 a	9,00 a	1,20 a	0,60 a	0,80 a	2,40 a
4	25,00 a	6,50 b	4,50 a	13,50 a	5,50 b	0,00 a	0,50 a	5,50 a
5	31,00 b	5,25 a	4,50 a	11,25 a	11,50 b	5,75 a	1,00 a	1,50 a
6	141,51 b	12,00 b	9,57 b	76,50 a	42,07 b	9,43 a	6,29 b	7,21 a

0: Sabana; 1: Plantación recién establecida (0-3 años); 2: Plantación sin entresaca (3-7 años); 3: Plantación sin entresaca (7-12 años); 4: Plantación con entresaca (7-12 años); 5: Plantación con entresaca (12 años en adelante); 6: bosque de galería

N= Número de individuos; S= Número de especies; Sp. arb.= Número de especies de tipo arbórea; B= Número de renuevos; U1= Plantones inferiores (con alturas entre 30-150 cm); U2= Plantones superiores (con alturas entre 150-300 cm); E= Establecidos; Herb.= Número de especies de tipo Herbáceo.

\* Diferencias Significativas  $P \leq 0,05$ . Diferentes letras: Diferencias de medias de acuerdo con Duncan.

El eucalipto presenta la mayor variabilidad en los análisis para los índices de riqueza, presentando alta diversidad en las plantaciones mayores a 7 años. Shannon presenta menor grado de heterogeneidad en las plantaciones sin entresaca y Simpson expresa que la categoría de plantación sin entresaca (7-12 años) es la más diversa para este uso de suelo, seguida por la categoría de plantación con entresaca (12 años en adelante) (Tabla 5).

*E. Pellita* presenta el mayor valor de plantones tipo 1 con 44,98, en la categoría de plantación sin entresaca (7-12 años), siendo una plantación en estado maduro; el resto de categorías presentan valores similares menores a 5 individuos (Tabla 3). En la sabana se encontraron 117 individuos de 18 especies, el valor de cociente de mezcla es de 1:6.5, siendo esta la vegetación más heterogénea pero menos diversa. La especie *Miconia dolichorrhyncha*

Naud con 31,3 de IVIS es la de mayor peso ecológico, seguida de *Chelonauthus acutangulus* (Aubl.) Pulle y *Bracharia* sp con 21,9 y 14,5, respectivamente (Figura 1).

**Tabla 5.** Índices diversidad del sotobosque en *Eucalyptus pellita*, bosque de galería y sabana en Villanueva, Casanare – Colombia.

Variable Categoría	D <sub>Mg</sub> P=0,0227*	D <sub>Mn</sub> P=0,0071*	H' P=0,0564	E P=0,0656	D P=0,0072*
0	5,21 b	1,28 b	0,28 b	0,06 b	0,37 b
1	5,62 a	1,02 b	0,35 c	0,08 b	0,48 c
2	4,72 a	0,90 a	0,17 a	0,04 a	0,18 a
3	3,28 a	0,51 a	0,20 b	0,04 a	0,27 a
4	9,14 b	1,49 c	0,38 c	0,08 b	0,42 c
5	6,03 b	0,59 a	0,20 a	0,04 a	0,20 a
6	10,21 b	2,07 c	0,38 c	0,08 b	0,40 b

0: Sabana; 1: Plantación recién establecida (0-3 años); 2: Plantación sin entresaca (3-7 años); 3: Plantación sin entresaca (7-12 años); 4: Plantación con entresaca (7-12 años); 5: Plantación con entresaca (12 años en adelante); 6: Bosque Natural  
 D<sub>Mg</sub> = Índice de Margalef; D<sub>Mn</sub> = Índice de Menhinick; H' = Índice de diversidad de Shannon; E = Índice de uniformidad de Shannon; D = Índice de Simpson; \* Diferencias Significativas P≤0,05. Diferentes Letras: Diferencias significativas de acuerdo con Duncan.

En cuanto a categorías de regeneración y hábitos en la sabana se destaca las herbáceas donde tiene el mayor valor, en tanto que en el resto de categorías conserva los valores más bajos. En general, los cuatro usos de suelo comparten regeneración natural dominante de sucesiones tempranas con las especies *V. guianensis*, *M. dolichorrhyncha* y *M. resina*. La presencia de regeneración de pino y eucalipto se da exclusivamente en las plantaciones de cada especie.

Las dos covariables incorporadas en el ANAVA no fueron significativas, lo que indica que ni la distancia al bosque más cercano que es abundante en los corredores y cauces de la zona ni la luz propia de cada tratamiento influyen en las diferencias significativas encontradas, si no que esta se debe a todas las condiciones y variables estructurales de cada tratamiento en conjunto producto del manejo y la edad que determina la permanencia del sotobosque.

Las comparaciones entre las categorías de plantación de pino son variadas y significativas, se destaca que en cuanto a riqueza de especies, no hay diferencias significativas en tres categorías con el bosque natural (número de individuos, número de especies, y heterogeneidad de la vegetación establecida) al igual que en las categorías de tamaño, la vegetación es diferente estadísticamente

en plantones y fustales; en renuevos, solo difiere el pino con el bosque (Tabla 2 y Tabla 4).

En general, para todo el muestreo la categoría que presenta valores mayores en todas las variables de muestreo, como era de esperarse, fue el bosque natural (bn), mostrando siempre diferencias significativas con respecto a las plantaciones, exceptuando las herbáceas que presentan su mayor valor en la categoría de plantación sin entresaca (3-7 años) con 8,46. Sin embargo, se pueden observar diferencias de abundancia de especies entre las parcelas establecidas en plantaciones y en sabana, teniendo la primera en algunas categorías mayor abundancia (Tabla 4). En las comparaciones con las categorías de eucalipto se destaca que no existe diferencia significativa en número de individuos con las plantaciones de avanzada edad con el bosque y en riqueza de especies y heterogeneidad de la vegetación (Tabla 5 y Tabla 3). En cuanto a especies de hábito arbóreo no hay diferencias entre eucalipto y el bosque en renuevos, plantones U2 y herbáceas. Se encuentra un gradiente en los plantones U1 donde las plantaciones mayores no difieren del bosque, un segundo grupo de plantaciones entre 3 y 7 años y un grupo con menor número que es la plantación joven junto con la sabana (Tabla 4).

En cuanto a betadiversidad, pino y eucalipto son similares puesto que comparten 17 de las especies

encontradas, equivalente a 25 y 40% de las especies. De acuerdo con esto, la betadiversidad tiene un valor alto, superior al 60%. Al observar los resultados del índice de similaridad de tipo cuantitativo ( $C_n$ ) muestran una elevación en los valores de Betadiversidad (entre 25 y 35%). Lo anterior permite concluir que en estos

usos de suelo, a pesar de compartir un porcentaje elevado de especies, las abundancias se distribuyen de forma desigual, lo que los hace estructuralmente diferentes, presentándose comunidades disímiles de acuerdo al conjunto de condiciones y factores que regulan la sucesión (Tabla 6).

**Tabla 6.** Comparaciones con índices de betadiversidad entre *Pinus caribaea*, *Eucaliptus pellita*, bosque de galería y sabana en Villanueva, Casanare – Colombia.

Uso de suelo	S compartidas	$C_j$	Beta (%)	$C_s$	Beta (%)	$C_n$	Beta (%)
Pino Vs. Eucalipto	17	0,25	74,7	0,40	59,6	0,16	84,1
Pino Vs. Sabana	10	0,19	81,5	0,31	68,8	0,17	82,9
Pino Vs. bn	16	0,19	80,8	0,32	67,7	0,04	95,9
Eucalipto Vs. Sabana	12	0,27	72,8	0,43	57,2	0,17	82,8
Eucalipto Vs. bn	14	0,18	81,9	0,31	69,3	0,04	95,6
Sabana Vs. bn	10	0,16	83,7	0,28	71,9	0,03	97,5

S: Especies  $C_j$ =Índice de Jaccard;  $C_s$ = Índice de Sorensen;  $C_n$ = Coeficiente cuantitativo de Sorensen

## DISCUSIÓN

El muestreo general de la región presenta una vegetación de alta diversidad y riqueza con 102 especies, todas ellas reportadas como típicas en diferentes estados sucesionales y coberturas para la región (Acero, 2005); en el Vichada en un paisaje similar con plantaciones, bosques de galería y sabana se registran 186 especies en 49 familias (Cortés *et al.*, 2005).

En cuanto a las plantaciones de pino se han encontrado en Vichada 159 especies en diferentes edades entre 9 y 15 años (Cortés *et al.*, 2005), estos datos difieren sustantivamente con las 46 especies identificadas en este estudio debido a que las plantaciones de Refocosta cuentan con tratamientos silviculturales permanentes hasta el año 12, a diferencia de las del Vichada que por tener un objetivo de producción de resina no han sido raleadas, convirtiéndose en un buen albergue para la biodiversidad vegetal a largo plazo como lo indican Real de Abreu *et al.* (2011) quienes demostraron que las plantaciones abandonadas pueden recuperar una alta diversidad vegetal nativa. En España (Bara-Temes *et al.*, 1985) compararon el sotobosque bajo plantaciones de pino y eucalipto, y observaron una diversidad florística similar donde no se observó incompatibilidad entre el pino y el eucalipto con ninguna de las especies nativas de la región.

El caso del eucalipto ha sido ampliamente discutido y evaluado por Lima (1996); en este estudio se encontraron 38 especies en el sotobosque de *E. pellita*, siendo las familias más representativas en el sotobosque la Fabaceae, Mirtáceae, Melastomatáceae, Asteráceae y Rubiáceae, composición típica de sucesiones tempranas en la región. En Brasil (Speltz, 1976), hallaron 35 especies de plantas nativas en el sotobosque de plantaciones de *E. tereticornis* de 35 años, las cuales conformaban varios estratos con más de 4.000 individuos por ha; lo cual no difiere con las observaciones del presente estudio que están entre 1.400 – 4.800 individuos por ha. En otro estudio detallado, de vegetación con DAP superior a 1,6 cm en 207 parcelas dentro de plantaciones de *E. grandis*, se encontraron 1.201 plantas (Da Silva Junior *et al.*, 1995). Ferreira *et al.* (2010), por su parte, encontraron 111 especies en 34 familias y 2.763 individuos en plantaciones de *E. saligna* en Brasil, mostrando todos estos autores, al igual que el presente estudio, referencias de diversidad vegetal creciendo en los rodales de varias especies de eucalipto.

En el muestreo realizado en Refocosta se encontraron un total de 3.061 individuos de sotobosque, resultado que representa la alta capacidad con que cuentan las especies pioneras de superar las condiciones que ofrecen las plantaciones, al no inhibir su establecimiento total y el crecimiento; este resultado es similar a los obtenidos en Argentina bajo plantaciones de *E. grandis*



donde hallaron 66 familias, el 86% de las cuales fueron dicotiledóneas y el 70% fueron leñosas. Las familias mejor representadas fueron leguminosae, Mirtaceae, Solanaceae, Asteracea y Euphorbiaceae (Barret y Tressens, 1996) que es similar a la composición familiar de lo visto en la Orinoquía en *E. pellita*; estos investigadores concluyen que las plantaciones crean condiciones ambientales que favorecen la migración de especies de la selva húmeda sobre la sabana y de especies de las praderas sobre los límites del bosque. En otros trabajos en la India (Rajvanshi *et al.*, 1983; George *et al.*, 1993), Australia (Keenan *et al.*, 1997) y Brasil (Souza *et al.*, 2007) se ha concluido que en el sotobosque de las plantaciones de eucalipto se desarrolla un número importante de especies.

Por supuesto, hay que tener en cuenta que una vez las plantaciones lleguen a su madurez y sean aprovechadas, el sotobosque es afectado por las actividades de extracción el cual es el objetivo de dichas explotaciones en el ámbito socioeconómico de la región. Este estudio muestra que las plantaciones de *P. caribaea* y *E. pellita* establecidas en Villanueva (Casanare-Colombia), albergan un 83% de las especies nativas, al igual que lo demostraron Viani *et al.* (2010) en la más reciente revisión sobre el tema donde se aborda a fondo la discusión de si las plantaciones forestales realmente son desiertos verdes, como fueron llamados por Lima (1996), o reductos que albergan biodiversidad.

Real de Abreu *et al.* (2011) en un amplio estudio en el Cerrado brasileiro concluyeron que las plantaciones albergan gran cantidad de biodiversidad, y Viani *et al.* (2010) resaltaron que las características de esta vegetación son determinadas por: (1) el manejo e historia de uso de la tierra (Lemenih y Teketay, 2005), lo cual suele ignorarse a la hora de asignar juicios sobre las plantaciones, (2) la proximidad a los fragmentos de vegetación nativa (Yirdaw y Lukkamen, 2003), lo cual fue evaluado en el presente estudio como covariable sin mostrar que esta fuera un factor único que determine las diferencias estadísticas encontradas en los tratamientos, (3) edad de la plantación (Geldenhuys, 1997), el cual mostró ser un factor importante en el presente estudio ya que las plantaciones más diversas y con más individuos fueron las superiores a 7 y 12 años, (4) las especies plantadas (Geldenhuys, 1997), de las cuales se evaluaron dos en este estudio y difieren entre ellas en cuanto a su composición específica, (5) densidad de dosel (Bone *et al.*, 1997; Barbosa *et al.*, 2009), la cual determina la

disponibilidad de luz en el sotobosque y fue evaluada en el presente estudio como covariable, reconociendo dicha correlación como uno de los determinantes de la vegetación bajo cualquier cobertura arbórea.

Las correlaciones directas nombradas anteriormente fueron aisladas en un ensayo de laboratorio después de aplicar extractos diluidos de hojas de *E. hybrid*; el estudio concluye, que el efecto depende de la acumulación de las sustancias inhibitorias; este puede ser despreciable si en el sitio existe un clima húmedo que permita la lixiviación de las sustancias alelopáticas a través del perfil del suelo (Rao y Reddy, 1984). Este hecho ya había sido comprobado en plantaciones de *E. camandulensis* de California, las cuales presentaban efectos alelopáticos sobre otras especies debido a que se encontraban en sitios mal drenados con baja aireación (Del Moral y Muller, 1970; Lima, 1996). Para el caso de esta investigación, la zona de estudio presenta características de baja pendiente, clima húmedo (bh-T) y suelos bien drenados de rápida lixiviación, favoreciendo así el establecimiento de las especies nativas bajo las plantaciones como se demostró.

Abordando la discusión desde el otro extremo del gradiente, condiciones de los factores que determinan la vegetación (Viani *et al.*, 2010) comparando con las sabanas, Dueñas y Cortés (1990) registraron el desarrollo de un sotobosque de especies nativas bajo plantaciones de *P. caribaea* var. *Hondurensis*; hallaron 68 especies de plantas (21 familias) y en las sabanas 45 especies (14 familias). Se registraron 26 especies exclusivas de la sabana, 50 exclusivas del pinar y 18 especies comunes a los dos sitios, para un total de 94 especies. Al parecer, la mayor humedad del aire, la protección contra el viento y la sombra dentro de las plantaciones favorecen la aparición y desarrollo de un mayor número de especies comparado con la sabana, donde las condiciones son más extremas. En esta investigación, en el uso de sabana se encontraron 18 especies en 14 familias, mostrando diferencia al compararlas con las establecidas en las plantaciones de *P. caribaea* (27 familias) y *E. pellita* (26 familias) y fue la sabana la que más aportó a la betadiversidad encontrada respecto al pino, el eucalipto y el bosque (Tabla 6).

Marín y Monsalve (1994) evaluaron la composición y estructura de la vegetación desarrollada bajo una plantación de 12 años de *P. oocarpa* y la compararon con un potrero utilizado en ganadería durante más

de 80 años. Estas autoras hallaron 38 especies (13 familias) en el potrero y 67 especies (39 familias) en la plantación; de estas especies sólo 3 se comparten en los dos tipos de cobertura. Hallaron también que las familias mejor representadas en la plantación fueron Asteraceae, Moraceae y Solanaceae; mientras que en el potrero dominaron las Poaceae, Asteraceae y Cyperaceae.

Dueñas y Cortés (1990) y Marín y Monsalve (1994), concluyen que la vegetación que se desarrolla bajo las plantaciones de pino tiende a ser completamente diferente a la que se encuentra en los potreros. Lo que se puede atribuir a las condiciones microclimáticas que se dan dentro de las plantaciones y al pastoreo del ganado en los potreros, de tal manera que la composición florística en cada caso es el reflejo de las especies mejor adaptadas a las condiciones particulares que se dan en cada cobertura vegetal. Para este estudio el número de especies que comparten el uso de plantación y sabana es bajo. Efectivamente el establecimiento de las plantaciones en sabanas de los llanos orientales cambia el rumbo de la sucesión y crea condiciones diferentes para el establecimiento de regeneración natural (Cortés-Pérez, 2005), pero no se evidenció que este proceso se detenga y mucho menos que se impida el establecimiento de especies típicas de sucesiones tempranas, como encontraron también Pinilla y Suarez (1998) en ecosistemas montañosos con plantaciones de *P. patula* y *E. grandis*; Cavelier y Tobler (1998) en áreas bosques andinos y Real de Abreu *et al.* (2011) en las sabanas del Cerrado brasileiro.

En general, se demuestra que las plantaciones monoespecíficas promueven la regeneración natural por encima de pasturas abandonadas y que el balance entre bosque maduro y rastrojos dependerá del manejo de los sitios y cada caso en particular para evaluar estos efectos de las plantaciones sobre la biodiversidad (Lugo *et al.*, 1993; Haggard *et al.* 1997). También resulta fundamental considerar el contexto de la plantación dentro del paisaje (FSC, 2004) y la historia de uso de la tierra (Lemenih y Teketay, 2005), enfatizando en que las plantaciones son un agroecosistema productivo que requiere copar la mayor cantidad del espacio para ser exitosas económicamente.

En contexto, las plantaciones forestales cuentan con sus propios niveles de conectividad estructural y conductual, estos determinados por su capacidad

de brindar en menor o mayor medida medios para el desarrollo de los procesos ecológicos (Bennett, 2004); estos niveles de conductividad dependerán de los procesos silviculturales que se utilicen y las especies que se usen, estos son dos puntos de relevancia, ya que en muchos corredores biológicos se toman las plantaciones como parte de los procesos de planificación, atribuyéndoles virtudes en este sentido y más si son de especies nativas (Cusack y Montagnini, 2004), considerándose estas, como una configuración del paisaje de tipo trampolín a escala local (1 km) que contribuyen a mejorar la conectividad y que la escasez de datos científicos no es evidencia contra los enlaces, sino una razón para realizar más y mejores estudios para resolver el tema (Bennett, 2004), lo cual se corrobora con el presente estudio.

## CONCLUSIONES

Los análisis estadísticos muestran diferencias en las comunidades establecidas en las plantaciones, lo que demostró una alta diversidad de especies vegetales que conviven y comparten recursos en las plantaciones forestales comerciales de *P. caribaea* y *E. pellita*. El establecimiento de plantaciones en Villanueva, Casanare – Colombia, no impide el desarrollo de vegetación nativa bajo el dosel; por el contrario, se conforma un sotobosque muy heterogéneo que varía de acuerdo con el gradiente de manejo silvicultural y la edad de la plantación.

En las plantaciones de pino, las familias más dominantes son Melastomataceae, Hypericaceae, Asteraceae y Gentianaceae. En eucalipto, predominan también las familias Melastomataceae, Hypericaceae, Gentianaceae y Lauraceae. En sabana, las más importantes son Dilleniaceae y Labiatae. Y en el bosque natural, las más abundantes son Lauraceae, Myrtaceae, Euphorbiaceae, Burseraceae, Annonaceae y Verbenaceae. La mayoría de especies corresponden a estados iniciales de sucesión y no se evidenció presencia de regeneración de las especies plantadas en la sabana y el bosque natural, lo que muestra hasta el momento un potencial bajo de invasión y dominancia del pino y el eucalipto, frente a la sucesión en sitios sin intervención, lo que no descarta seguir muestreando este tipo de fenómeno ya que dicho comportamiento depende de factores ecológicos que varían con el tiempo y las condiciones climáticas.

La presencia y diversidad de vegetación en las plantaciones es una muestra de que la fauna no está

ausente dentro de las plantaciones de *P. caribaea* y *E. pellita*, donde los principales agentes dispersores son el viento, seguido de las aves de hábitos frugívoros y omnívoros. Lo que indica que se están utilizando los recursos brindados por las plantaciones como conectividad estructural y refugio, lo cual es importante en procesos de certificación y buen manejo forestal.

### AGRADECIMIENTOS

A Refocosta S.A.S. por el apoyo logístico, técnico y económico brindado para la realización de este trabajo. Al Herbario Toli y al Laboratorio de Dendrología de la Universidad del Tolima.

### BIBLIOGRAFÍA

Acero, L.E. 2005. Plantas útiles de la cuenca del Orinoco. Ecopetrol. BP. Corporinoquia. Editorial. Asociación Santiago de Las Atalayas, Corporinoquia, Bogotá. 599 p.

Bara-Temes, S., A. Riqueiro, M. Gil, P. Mansilla y M. Alonso. 1985. Efectos ecológicos del *Eucaliptus globulus* en Galicia. Monografías INIA, No. 50, Madrid. 381 p.

Barret, W.H. y S.G. Tressens. 1996. Estudio de la vegetación nativa en plantaciones de *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) en el norte de la provincia de Corrientes, República Argentina. Bonplandia 9(1-2): 1-18.

Barbosa, C., T. Benato, A.L. Cavalheiro and J.M. Torezan. 2009. Diversity of regenerating plants in reforestation with *Araucaria angustifolia* (Bertol) O. Kuntze of 12, 22, 35, and 43 years of age in Paraná State, Brazil. Restoration Ecology 17(1): 60-67.

Bennett, A.F. 2004. Enlazando el paisaje: El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. UICN-Unión Mundial para la Naturaleza, San José, Costa Rica. 278 p.

Bone, R., M. Lawrence and Z. Magombo. 1997. The effect of a *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn) plantation on native woodland recovery on Ulumba Mountain, southern Malawi. Forest Ecology and Management 99(1-2): 83-99.

Camargo, Y.K. 2009. Evaluación de la biodiversidad vegetal asociada a plantaciones forestales de *Pinus*

*caribaea* y *Eucalyptus pellita* de Refocosta S.A.S., en Villanueva - Casanare, Colombia. Trabajo de grado de Ingeniería Forestal. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad del Tolima, Ibagué. 98 p.

Cavelier, J. and A. Tobler. 1998. The effect of abandoned plantations of *Pinus patula* and *Cupressus lusitanica* on soils and regeneration of a tropical montane rain forest in Colombia. Biodiversity and Conservation 7(3): 335-347.

Cortés, F., H. Dueñas y H. Cardozo. 2005. Cambios en la vegetación de sabana ocasionados por la plantación de *Pinus caribaea* en Vichada-Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias 29(110): 69-84.

Cusack, D. and F. Montagnini. 2004. The role of native species plantations in recovery of understory woody diversity in degraded pasture lands of Costa Rica. Forest Ecology and Management 188(1-3): 1-15.

Da Silva Junior, M.C., F.S. Rubio and F. De Souza Cardel. 1995. Regeneration of an Atlantic Forest formation in the understory of a *Eucalyptus grandis* plantation in south-eastern Brazil. Journal of Tropical Ecology 11(1): 147-152.

Del Moral, R. and C.H. Muller. 1970. The allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis*. American Midland Naturalist 83(1): 254-282.

Di Rienzo J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Dubois, J. 1980. Los tipos de inventarios empleados en el manejo de los bosques tropicales, por sistemas naturales y seminaturales. Traducido por Jorge Ignacio del Valle Arango. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 38 p.

Dueñas, H. y F. Cortés. 1990. Comparación de la vegetación asociada a un cultivo de *Pinus caribaea* con la existente en sabanas bien drenadas de la Orinoquia Colombiana (Gaviotas, Vichada). Centro Experimental "Las Gaviotas", Bogotá. 33 p.

Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) - 2000-2009. Alcaldía del municipio de Villanueva, departamento del Casanare, Colombia. 41 p.

- FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. En: [http://www.fao.org/docrep/004/AC459S/AC4\\_59S00.HTM](http://www.fao.org/docrep/004/AC459S/AC4_59S00.HTM). Colección Montes No. 11. 723 p.; consulta: junio de 2011.
- FAO. 1986. ¿Los eucaliptos son ecológicamente nocivos? El eucalipto: un árbol controvertido plantado en 80 países fuera de Australia. *Unasyuva* 38(152): 3.
- FAO 2000. Estado de las plantaciones forestales en Colombia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp>, Roma, Italia. 248 p.; consulta: enero de 2012.
- FAO. 2011. Situación de los bosques del mundo. En: <http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s.pdf>. 177 p.; consulta: enero 2012.
- Ferreira, F., V.L. Engel e H. Cassola. 2010. Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertiooga, SP. *Scientia Forestalis* 38(85): 39-52.
- Forest Stewardship Council A.C. (FSC). 2004. Perspectivas sobre plantaciones. Desafíos para el manejo de plantaciones. Estudio preparativo para la revisión de la política sobre plantaciones del FSC. En: [http://plantations.fsc.org/docs/Resources%20-%20FSC%20docs%20and%20reports/Perspectivas%20sobre%20Plantaciones%202004-09%20\(ES\).pdf](http://plantations.fsc.org/docs/Resources%20-%20FSC%20docs%20and%20reports/Perspectivas%20sobre%20Plantaciones%202004-09%20(ES).pdf). 28 p.; consulta: junio 2011.
- Geldenhuys, C.J. 1997. Native forest regeneration in pine and eucalypt plantations in Northern Province, South Africa. *Forest Ecology and Management* 99: 101-115.
- George, S.J., B.M. Kumar and G.R. Rajiv. 1993. Nature of secondary succession in the abandoned *Eucalyptus* plantations of Neyyar (Kerala) in peninsular India. *Journal of Tropical Forest Science* 5(3): 372-386.
- Haggar, J., K. Wightman and R. Fisher. 1997. The potential of plantations to foster woody regeneration within a deforested landscape in lowland Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 99(1-2): 55-64.
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1991. Meta: Características geográficas. Bogotá, D.C. 142 p.
- IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. SINCHI e IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá. 37 mapas, 276 p.
- Keenan, R., D. Lamb, O. Woldring, T. Irvine and R. Jensen. 1997. Restoration of plant biodiversity beneath tropical tree plantations in Northern Australia. *Forest Ecology and Management* 99(1-2): 117-133.
- Lima, W. 1996. Impacto ambiental do Eucalipto. Segunda edição. Editora da Universidade de Sao Paulo. 302 p.
- Lemenih, M. and D. Teketay. 2005. Effect of prior land use on the recolonization of native woody species under plantation forests in the highlands of Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 218(1-3): 60-73.
- Lugo, A., J. Parrota and S. Brown. 1993. Loss in species caused by tropical deforestation and their recovery through management. *Ambio* 22(2-3): 106-109
- Lugo, A.E. 1997. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. *Forest Ecology and Management* 99: 9-19.
- Magurran, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University. Princeton, New Jersey, USA. 179 p.
- Marín, A. y M. Monsalve. 1994. Caracterización ecológica de dos ecosistemas: potrero y plantación de *Pinus oocarpa* en la zona noroccidental del Valle del Cauca (Restrepo). p. 205-217. En: Memorias. Congreso Nacional Sobre Biodiversidad. Universidad del Valle, Ministerio del Medio Ambiente. Santiago de Cali.
- Parrota, J.A., 1995. Influence of overstory composition on understory colonization by native species in plantations on a degraded tropical site. *Journal of Vegetation Science* 6(5): 627-636.
- Pinilla, A.G. y C.A. Suárez. 1998. Efectos de las plantaciones forestales sobre fauna y flora. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. CONIF, Serie Técnica No. 41. Bogotá. 138 p.
- Rajvanshi, A., S. Soni, U.D. Kukreti and M.M. Srivatava. 1983. A comparative study of undergrowth of sal forest and *Eucalyptus* plantation at Golatappar Dehra

- Dun during rainy season. *Indian Journal of Forestry* 6(2): 117-119.
- Rao, N.S. and D.C. Reddy. 1984. Studies on the inhibitory effects of *Eucalyptus* leaf extracts on the germination of certain food crops. *Indian Forester* 110: 218-222.
- Real de Abreu, R., G. Bessão de Assis, S. Frison, A. Aguirre and G. Durigan. 2011. Can native vegetation recover after slash pine cultivation in the Brazilian Savanna? *Forest Ecology and Management* 262(8): 1452-1459.
- Rippstein, G., G. Escobar y F. Motta. 2001. Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. *Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT*. No. 322. Cali. 302 p.
- Ruiz, B. 2002. Manual de reforestación para América Tropical. *International Institute of Tropical Forestry*, San Juan, Puerto Rico. 206 p.
- Souza, P.B., S.V. Martins, S.R. Costalonga e G.O. Costa. 2007. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea no sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em Viçosa, MG, Brasil. *Revista Árvore* 31(33): 533-543.
- Speltz, G.E. 1976. O manejo em povoamentos florestais puros e seus aspectos ecológicos. *Rio Grande Companhia de Celulose do Sul, Guaíba, RS (Brazil)*. 21 p.
- Viani, R.A., G. Durigan e A.C. Melo. 2010. A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? *Ciência Florestal* 20(3): 533-552.
- Yirdaw, E. and O. Lukkanen. 2003. Indigenous woody species diversity in *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* plantations in the Ethiopian highlands. *Biodiversity and Conservation* 12(3): 567-582.



**Apéndice 1.** Especies encontradas en todas las unidades de muestreo establecidas en los predios de Refocosta S.A.S. en Villanueva, Casanare - Colombia.

No	Nombre científico	Familia	P	E	S	B
1	<i>Abrus</i> sp.	Fabaceae				x
2	<i>Achyrocline bogotensis</i> H.B. & K.	Asteraceae		x		
4	<i>Aegiphila</i> sp.	Verbenaceae				x
5	<i>Alchornea</i> sp.	Euphorbiaceae		x		
6	<i>Anacardium occidentale</i> , L.	Anacardiaceae		x		
3	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Fabaceae		x		
7	<i>Anthurium fasciale</i> , Sodiro.	Araceae				x
8	<i>Anthurium</i> sp.	Araceae				x
9	<i>Aspidosperma</i> sp.	Apocynaceae	x			
10	<i>Banisteriopsis magandi</i>	Malpigiaceae			x	
11	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	Melastomataceae				x
12	<i>Blepharodon mucronatum</i> , Decne	Asclepedaceae	x	x		
13	<i>Borreria capitata</i> DC.	Rubiaceae			x	
14	<i>Borreria laevis</i> (Lam.) Griseb	Rubiaceae	x	x	x	
15	<i>Bracharia</i> sp.	Poaceae	x	x	x	x
16	<i>Byrsonima crassifolia</i> , H.B. & K.	Malpighiaceae	x			
17	<i>Cassia grandis</i> , Linn. F.	Fabaceae	x			
18	<i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene	Fabaceae			x	
19	<i>Chamaecrista tetraphylla</i> , Britton & Rose	Fabaceae	x	x		
20	<i>Chelonanthus acutangulus</i> (Aubl.) Pulle	Gentianaceae	x	x	x	x
21	<i>Clidemia rubra</i> (Aubl.) Mart	Melastomataceae	x	x	x	x
22	<i>Clussia</i> sp.	Clusiaceae	x			
23	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.	Asteraceae	x			
24	<i>Costus laevis</i> Ruiz & Pav.	Costaceae	x			
25	<i>Croton trinitatis</i> Millsp.	Euphorbiaceae	x			
26	<i>Cuphea serpyllifolia</i> , Schuech ex Koehne	Lythraceae	x			
27	<i>Cuphea</i> sp.	Lythraceae	x			
28	<i>Curatella americana</i> , Linn.	Dilleniaceae		x	x	x
29	<i>Cyperus laxus</i> Lam.	Cyperaceae	x	x		
30	<i>Davilla nitida</i> (Vahl) Kubitzki	Dilleniaceae	x		x	x
31	<i>Dendropanax</i> sp.	Araliaceae				x
32	<i>Desmodium</i> sp.	Fabaceae	x			
34	<i>Elephantopus mollis</i> , H.b. & K.	Asteraceae				x
35	<i>Emilia fosbergii</i> , D.H. Nicolson	Asteraceae		x		
36	<i>Eragrostis</i> sp.	Poaceae	x	x	x	

No	Nombre Científico	Familia	P	E	S	B
37	<i>Eriosema</i> sp. 1	Fabaceae	x			
38	<i>Erythroxilon</i> sp.	Erythroxilaceae	x	x		
39	<i>Eucaliptus pellita</i> F. Muell	Myrtaceae		x		
40	<i>Euphorbia hirta</i> (L.) Millsp.	Euphorbiaceae		x		
41	<i>Exolobus erioclada</i> (Vell.)	Asclepedaceae		x		
42	<i>Ficus glabrata</i> H.B. & K.	Moraceae				x
44	<i>Guapira</i> sp.	Nictagaceae	x			
45	<i>Guatteria</i> sp.	Annonaceae				x
46	<i>Hirtella americana</i> , Jacq., non L.	Rosaceae				x
47	<i>Hyptis brachiata</i> briq.	Labiatae				x
33	<i>Inga edulis</i> Mart.	Mimosaceae		x	x	
48	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Bignoniaceae				x
49	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don.	Bignonaceae	x			x
50	<i>Leopoldinia pulchra</i> , Mart.	Arecaceae	x			x
51	<i>Ligodium venustum</i> schwartz	Schizaceae	x	x		
52	<i>Lindernia</i> sp.	Scrophulariaceae		x		
55	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	Moraceae	x			
53	<i>Mandevilla</i> sp.	Apocinaceae			x	
54	<i>Matalea</i> sp.	Asclepedaceae		x		x
56	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	Melastomataceae	x			
57	<i>Miconia dolichorrhyncha</i> Naud.	Melastomataceae	x	x	x	x
58	<i>Miconia resina</i> Naud.	Melastomataceae	x	x		x
59	<i>Mimosa</i> sp.	Mimosaceae		x		x
60	<i>Myrcia acuminata</i> , (Kunth.) DC.	Myrtaceae	x			x
61	<i>Myrcia ovalifolia</i> Kiaersk.	Myrtaceae				x
62	<i>Myrcia paivae</i> berg.	Myrtaceae	x			x
63	<i>Myrcia</i> sp. 1	Myrtaceae	x			x
64	<i>Myrcia</i> sp. 2	Myrtaceae				x
65	<i>Myrcia</i> sp.3	Myrtaceae				x
66	<i>Myrsine coriaceae</i> (Sw.) R. br.	Myrsinaceae				x
67	<i>n.n.</i> 1	Chrysobalanaceae				x
68	<i>n.n.</i> 2	Indeterminada		x		
69	<i>n.n.</i> 3	Policouraceae				x
70	<i>n.n.</i> 4	Indeterminada				x
71	<i>Nectandra acutifolia</i> (Ruiz Lopez & Pavon)	Lauraceae		x		x
72	<i>Orchidia</i> sp.	Orchidiaceae	x	x		
73	<i>Palicourea angustifolia</i> H. b. & K.	Rubiaceae				x

No	Nombre Científico	Familia	P	E	S	B
74	<i>Palicourea</i> sp.	Rubiaceae				x
75	<i>Panicum rudgei</i> , Roem. & Schult.	Poaceae	x	x	x	x
76	<i>Paullinia</i> aff. <i>Leiocarpa</i> Griseb.	Sapindaceae				x
77	<i>Phyllanthus acuminatus</i> Vahl.	Euphorbiaceae	x	x	x	x
78	<i>Pinus caribea</i> , Morelet	Pinaceae	x	x		
79	<i>Piptadenia</i> aff. <i>pasifolia</i>	Mimosaceae			x	
80	<i>Protium</i> sp. 1	Burseraceae	x			x
81	<i>Protium</i> sp. 2	Burseraceae				x
82	<i>Pseudelephantopus spicatus</i> (Juss. ex aublet) Gleason	Asteraceae	x			
43	<i>Rheedia madruno</i> (Kunth) Planch. & Triana	Clusiaceae		x		x
83	<i>Rollinia</i> sp.	Annonaceae				x
84	<i>Rondeletia pubescens</i> H.B. & K.	Rubiaceae	x			
85	<i>Selaginella asprella</i> Maxon	Selaginellaceae				x
86	<i>Sheeflera</i> sp.	Araliaceae				x
87	<i>Solanum hirtum</i> , Vahl.	Solanaceae	x			
88	<i>Staihy</i> sp.	Lamiaceae	x			
89	<i>Swartzia</i> sp.	Fabaceae				x
90	<i>Tabebuia serratifolia</i> , Nichols.	Bignoniaceae	x			
91	<i>Talisia</i> sp.	Sapindaceae				x
92	<i>Tococa guianensis</i> aubl.	Melastomataceae				x
93	<i>Tournefortia</i> sp.	Borraginaceae				x
94	<i>Toxicodendrum striatum</i> benth.	Anacardiaceae		x	x	x
95	<i>Trichilia</i> sp.	Meliaceae		x		
96	<i>Unxia camphorata</i> Linn. f.	Asteraceae	x			
97	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl)Chois.	Hypericaceae	x	x	x	x
98	<i>Vochysia lehmannii</i> , Hieron.	Vochysiaceae		x		
99	<i>Xanthoxilum</i> sp.	Rutaceae				x
100	<i>Xylopiya aromatica</i> Mart.	Annonaceae	x			
101	<i>Xylopiya</i> sp.	Annonaceae	x			x
102	<i>Xylopiya</i> sp. 2	Annonaceae		x		
<b>Total</b>			<b>46</b>	<b>37</b>	<b>18</b>	<b>53</b>

P= *Pinus*; E=*Eucaliptus*; S: Sabana; B=Bosque