

Estudios de restauración ecológica en la región del Bosque Atlántico de Bahía, Brasil

Florencia MONTAGNINI*

Anna FANZERES**

Sergio GUIMARAES DA VINHA***

RESUMEN

En la región sur de Bahía el bosque primario está siendo cortado principalmente para actividades agrícolas. Para disminuir la presión sobre el bosque natural remanente, es necesario aumentar la productividad de las áreas degradadas que proveen alimento, madera y forraje a los grupos que ejercen esta presión. Los sistemas agroforestales y las plantaciones arbóreas mixtas pueden representar prácticas de uso de la tierra, adecuadas para áreas con problemas similares de degradación de recursos. Los objetivos de este estudio fueron la identificación de especies arbóreas nativas con influencia positiva sobre la restauración de la fertilidad del suelo, para utilizarlas en el diseño de plantaciones arbóreas mixtas y sistemas agroforestales.

El estudio se enfocó en 20 especies nativas escogidas por su potencial económico. Todas las parcelas eran parte de un arboretum en la Estación Biológica Pau Brasil (CEPLAC-Porto Seguro, Bahía); todos los árboles tenían aproximadamente la misma edad, 14-15 años. Los suelos se muestrearon bajo las 20 especies, un bosque secundario de 20 años, una plantación arbórea mixta y el bosque nativo, a cuatro profundidades (0-

5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm y 30-45 cm) para análisis de pH; N, P, K, Ca y Mg. También se recolectaron muestras de tejidos (la hojarasca y las hojas verdes) y se realizó análisis de N, P, K, Ca y Mg.

Se detectaron efectos positivos al menos en la mitad de los parámetros estudiados en 15 especies arbóreas. Efectos positivos en más de 5 parámetros fueron observados en *B. virgilioides*, *I. affinis*, *P. pterosperma* (especies fijadoras de N), *A. psilophylla*, *C. echinata*, *Cassia* spp., *C. luscens*, *H. aurea* (especies leguminosas, no fijadoras de N), *B. macrophyllum*, *B. grandis*, *E. ovata*, *L. pisonis*, *L. hypoleuca* (de otras familias). El suelo en la plantación mixta exhibió valores similares de pH, C, N, Mg, una concentración levemente mayor de P y menor cantidad de K y Mg que el suelo del bosque primario.

Palabras clave: Bahía, plantaciones mixtas, árboles nativos, áreas degradadas.

ABSTRACT

Four hundred years ago the forest of the Atlantic coast of Brazil was approximately 100 million hectares. Today, human settlement and industrialization have reduced the forest to < 15% of its original size. In

* Universidad de Yale. Escuela Forestal y Estudios de Medio Ambiente. 370 Prospect St. New Haven, Ct 06511, EUA.

** Greenpeace. Rua Mexico 21, sala 1301. CEP 20031, Rio de Janeiro, Brasil.

*** CEPLAC. CP 7, 45.600 Itabuna. Bahía, Brasil.

southern Bahia the primary forest is being cleared primarily for agricultural reasons. To decrease pressure on the remaining natural forest, it is necessary to increase the productivity of the degraded areas making food, wood and fodder available to the groups exerting pressure on the primary forest. Agroforestry systems and mixed tree plantations may represent environmentally sound land use practices for areas with similar problems of resource degradation. The goals of this research were to identify indigenous tree species with a positive influence on soil fertility restoration and to use these data for designing experimental mixed-tree plantations and agroforestry systems.

The study focused on 20 native species chosen for their ecological significance and their potential economic use. All the stands were part of an arboretum at Pau Brasil Ecological Station (CEPLAC-Porto Seguro, Bahia) and were planted in 1974-75; thus all the trees were approximately the same age, 14-15 years old, at the time this research was conducted. Soils for chemical analysis and bulk density were sampled under the 20 species, a 20-year old capoeira, a mixed-species plantation and the native forest. Soil samples were taken at four depths (0-5 cm, 5-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm) for measurements of pH, N, P, K, Ca, and Mg. Tissue samples (litter and green leaves) were also collected and analyzed for N, P, K, Ca and Mg.

Positive effects on at least half of the parameters studied were detected under 15 species. Positive effects on more than five parameters were noted under *B. virgilioides*, *I. affinis*, *P. pterosperma* (N-fixing species); *A. psilophylla*, *C. echinata*, *Cassia* spp., *C. lus-cens*, *H. aurea* (leguminous, non-N-fixing); *B. macrophyllum*, *B. grandis*, *E. ovata*, *L. pisonis*, *L. hypoleuca* (of other families). The mixed plantation had similar soil pH, C, N, Mg, slightly higher P and lower K and Mg than the primary forest: thus, this system apparently represents an intermediate situation with respect to the pure stands.

INTRODUCCION

Cuatrocientos años atrás el bosque de la costa Atlántica de Brasil cubría una extensión de aproximadamente 100 millones de hectáreas. Hoy, éste ha sido reducido a

menos del 5% de su tamaño original (McNeely et al. 1990). En el sur de Bahía, donde se realizó este estudio, el bosque primario se corta principalmente para la agricultura. Después de la extracción de madera, el área se quema, y se siembra con cultivos de subsistencia o se utiliza para pastoreo de ganado. En pocos años, los resultados son señales visibles de erosión y escaso rendimiento de pastos y cultivos. Para disminuir la presión sobre el bosque natural restante es necesario aumentar la productividad de las áreas degradadas que proveen alimentos, madera y forraje.

Las plantaciones arbóreas son una alternativa plausible para la recuperación de tierras degradadas (Evans 1987, Gladstone y Ledig 1990, Montagnini 1990, 1992). La presencia de ciertas especies arbóreas en un sistema de producción puede resultar en el mejoramiento de la estructura de los suelos y en el aumento de los nutrientes disponibles en el suelo (Sánchez et al. 1985, Nair 1989, Young 1989, Montagnini y Sancho 1990). En la región sur de Bahía, estudios previos han demostrado el potencial de ciertas especies arbóreas para su incorporación en sistemas productivos. Por ejemplo, han sido reportadas mayores cantidades de Ca, Mg y K en suelos bajo plantaciones de *Cordia trichotoma* y *Caesalpinia echinata* (Silva 1983). En otro sitio, también en el sur de Bahía, se encontraron aumentos en el pH y en los cationes del suelo en una parcela de *Gmelina arborea* de 7 años, mientras que las otras especies estudiadas habían mejorado las condiciones generales del sitio a niveles variados (Silva 1988). En 1990, examinamos la influencia sobre los suelos de veinte especies arbóreas nativas en parcelas puras, en un arboretum en la Estación Biológica Pau Brasil en Porto Seguro, Bahía. Los objetivos eran la identificación de aquellas especies con influencia positiva sobre la fertilidad del suelo. El estudio también incluyó parcelas de bosque primario y secundario. Además, se evaluaron los mismos parámetros en una plantación arbórea mixta para obtener un patrón heterogéneo contrastante con las parcelas de especies puras.

EL SITIO EXPERIMENTAL

La Estación Biológica Pau Brasil (árbol

nacional de Brasil, *Caesalpinia echinata*) está localizada a 16 km de Porto Seguro, Bahía (16°23'S, 39°11'W). Las 1145 ha de la estación contienen un arboretum con aproximadamente 40 especies indígenas, otras siembras/plantaciones experimentales, y una reserva con áreas en bosques primarios y secundarios (da Vinha y Lobao 1989). El clima ha sido clasificado como Af en el sistema Köppen. La precipitación anual es de 1696 mm, no existe un período seco definido, y la temperatura diaria promedia 23 °C (con un máximo de 30 °C y un mínimo de 20 °C). La topografía es plana, y los suelos son Oxisoles (Haplorthoxs) originarios de sedimentos terciarios; son ácidos e infértiles (Cadima Zeballos et al. 1982, da Vinha et al. 1976, da Vinha y Lobao 1989).

Nuestro estudio se enfocó en 20 especies arbóreas nativas escogidas por su buen crecimiento y potencial económico (da Vinha y Pereira 1983, da Vinha et al. 1985) (Tabla 1). Todas las especies pueden ser encontradas en el bosque natural de la Estación. Los árboles estaban en parcelas puras de 36 individuos espaciados 2 m por 2 m, todos sobre los mismos suelos. Las plántulas fueron producidas en el vivero de la Estación de semillas colectadas en la reserva. Todas las parcelas eran parte del arboretum y fueron plantadas en 1974-75; por consiguiente todos los árboles tenían aproximadamente la misma edad, 14-15 años, al tiempo que este estudio se llevó a cabo. El muestreo se realizó en junio de 1990.

METODOS

Se examinó la presencia de nódulos en las raíces superficiales (a 0-15 cm de profundidad) de las especies leguminosas de este estudio (Tabla 1). Por lo menos cinco árboles fueron examinados para cada especie. Los suelos se muestrearon bajo las veinte especies en el arboretum, una plantación arbórea mixta, un bosque secundario de 20 años, y el bosque nativo. Las muestras compuestas de suelos fueron colectadas debajo de 5 individuos (seleccionados al azar) de cada especie en el arboretum. En los otros tres sitios, las muestras fueron tomadas en sitios seleccionados al azar y a un (1) metro del tronco de un árbol. Para las características químicas generales del suelo, las muestras

se tomaron a 0-5, 0-15, 15-30 y 30-60 cm de profundidad. El pH, Ca, Mg, K, Al y P se midieron siguiendo procedimientos standard para suelos tropicales (Santana et al. 1977, Reference Methods for Soil Testing 1980, Anderson e Ingram 1989). La densidad aparente del suelo se midió a 2-6 cm de profundidad con un barreno adecuado a este fin. La hojarasca del suelo se recolectó en el área demarcada por un marco de plástico de 16 mm de diámetro. Las muestras se secaron a aproximadamente 60 °C hasta obtener un peso constante y fueron clasificadas en ramas, hojas enteras y fragmentos. Las muestras de hojas fueron colectadas del mismo árbol usando una podadora para cortar dos ramas completamente desarrolladas de lados opuestos del árbol. También se midió la altura total y el diámetro a la altura del pecho para cada árbol muestreado. Se analizó el N, P, Ca, Mg, K y Al en el material de tejidos (hojarasca y hojas) usando procedimientos similares a los de los suelos. Todos los análisis químicos se llevaron a cabo en los laboratorios de la Escuela Forestal y de Estudios de Medio Ambiente de la Universidad de Yale en Connecticut, EUA.

RESULTADOS Y DISCUSION

La presencia de nódulos en las raíces fue evidente en todos los árboles de las especies leguminosas mimosoideas y papilionoideas examinados; estos nódulos parecían activos por su color rojizo observado en el laboratorio. No se hallaron nódulos en las raíces de los árboles caesalpinoideos examinados; no ha sido reportada nodulación en estas especies (Allen y Allen 1981). A pesar de que los diámetros a la altura del pecho oscilaron entre un promedio de 9,3 cm en *Centrolobium robustum* y 24,1 cm en las parcelas de *Inga affinis*, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Tabla 2). El promedio total de altura abarcó desde 7,5 m hasta 14,2 m: los árboles más altos pertenecían a las parcelas de *Bombax macrophyllum*, *Cassia* spp. y *Parapiptadenia pterosperma* (Tabla 2).

Efectos sobre la fertilidad de los suelos

Los valores de los parámetros de suelo bajo las especies nativas y los bosques de este estudio (Figuras 1, 2 y 3; Tabla 3) estu-

Tabla 1. Especies estudiadas en monocultivo en parcelas dentro del arboretum de la Estación Ecológica Pau Brasil en Porto Seguro, Bahía.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Subfamilia
Especies leguminosas fijadoras de nitrógeno			
Sucupira	<i>Bowdichia virgilioides</i>	Leguminosa	Papilionoidea
Putumuju Castanho	<i>Centrolobium minus</i>	Leguminosa	Papilioinoidea
Putumuju Gigante	<i>Centrolobium robustum</i>	Leguminosa	Papilioinoidea
Inga Cipó	<i>Inga affinis</i>	Leguminosa	Mimosoidea
Viola	<i>Parapiptadenia pterosperma</i>	Leguminosa	Mimosoidea
Juerana Branca	<i>Pithecelobium elegans</i>	Leguminosa	Mimosoidea
Vinhático	<i>Plathymenia foliolosa</i>	Leguminosa	Mimosoidea
Especies leguminosas no-fijadoras de nitrógeno			
Arapati	<i>Arapatiella psilophylla</i>	Leguminosa	Caesalpinioidea
Pau Brasil	<i>Caesalpinia echinata</i>	Leguminosa	Caesalpinioidea
Faveira	<i>Cassia</i> sp.	Leguminosa	Caesalpinioidea
Pau Oleo	<i>Copaifera lucens</i>	Leguminosa	Caesalpinioidea
Angelim	<i>Dimorphandra jorgei</i>	Leguminosa	Caesalpinioidea
Jatobá	<i>Hymenaea aurea</i>	Leguminosa	Caesalpinioidea
Oleo Cumumbá	<i>Macrolobium latifolium</i>	Leguminosa	Caesalpinioidea
Otras familias			
Imbiruçu	<i>Bombax macrophyllum</i>	Bombacácea	
Pequi Doce	<i>Buchenavia grandis</i>	Combretácea	
Biriba	<i>Eschweilera ovata</i>	Lecythidácea	
Sapucaia	<i>Lecythis pisonis</i>	Lecythidácea	
Oiti	<i>Licania hypoleuca</i>	Chrysobalanácea	
Buranhém	<i>Pradosia lactescens</i>	Sapotácea	

Tabla 2. Diámetros a la altura del pecho y alturas de los árboles en el arboretum y en la plantación de especies mixtas.

Especies	Diámetro a la altura del pecho (cm)	Altura (m)
Especies leguminosas fijadoras de N		
<i>Bowdichia virgilioides</i>	11,4 ^a	9,4 ^{def}
<i>Centrolobium minus</i>	14,5 ^a	10,3 ^{bcde}
<i>Centrolobium robustum</i>	9,3 ^a	7,9 ^{def}
<i>Inga affinis</i>	24,1 ^a	9,5 ^{cdef}
<i>Parapiptadenia pterosperma</i>	16,6 ^a	12,4 ^{abc}
<i>Pithecelobium elegans</i>	10,4 ^a	7,7 ^{de}
<i>Plathymenia foliolosa</i>	15,8 ^a	7,3 ^{ef}
Especies leguminosas no-fijadoras de N		
<i>Arapatiella psilophylla</i>	11,1 ^a	7,5 ^{ef}
<i>Caesalpinia echinata</i>	9,7 ^a	8,0 ^{def}
<i>Cassia</i> spp.	21,4 ^a	13,2 ^{ab}
<i>Copaifera lucens</i>	10,6 ^a	7,7 ^{ef}
<i>Dimorphandra jorgei</i>	14,0 ^a	8,8 ^{def}
<i>Hymenae aurea</i>	10,8 ^a	8,5 ^{def}
<i>Macrolobium latifolium</i>	14,3 ^a	9,7 ^{cdef}
Otras familias		
<i>Bombax macrophyllum</i>	22,8 ^a	14,2 ^a
<i>Buchenavia grandis</i>	12,3 ^a	8,6 ^{def}
<i>Eschweilera ovata</i>	11,1 ^a	9,4 ^{def}
<i>Lecythis pisonis</i>	12,9 ^a	7,5 ^{ef}
<i>Licania hypoleuca</i>	9,5 ^a	7,9 ^{ef}
<i>Pradosia lactescens</i>	10,9 ^a	8,1 ^{def}
Plantación mixta	11,8 ^a	10,9 ^{bcd}

Nota: En ésta y en las siguientes tablas, las diferencias entre promedios para un parámetro dado son estadísticamente significativas cuando éstos son seguidos por letras distintas.

vieron dentro del mismo ámbito de los reportados por Leao y Melo (199?) y Cadima et al. (1982) para la Estación. En nuestro estudio, el pH, C, N, P, Ca y Mg del suelo fueron mayores bajo bosque secundario que bajo bosque primario (Tabla 3). Silva (1990a) también encontró un mayor valor para el pH del suelo y el Ca y el Mg intercambiable en bosque secundario de 20 años que en bosque primario en Barrolandia, Bahía, cerca de Porto Seguro. Aparentemente, la incorporación de la biomasa y los nutrientes al suelo después del corte del

bosque mejoró las condiciones del suelo. Resultados de estudios previos de la región sobre los efectos del corte y quema del bosque sobre la fertilidad del suelo incluyen: Silva (1981), quien halló aumentos significativos en el pH del suelo, en las bases intercambiables, el P y el K después del corte y quema de bosques experimentales en Barrolandia; y Cadima et al. (1982) quien reportó efectos similares en la Estación Pau Brasil.

Los efectos positivos más sobresalientes de las 20 especies arbóreas del arboretum sobre las propiedades del suelo, en relación

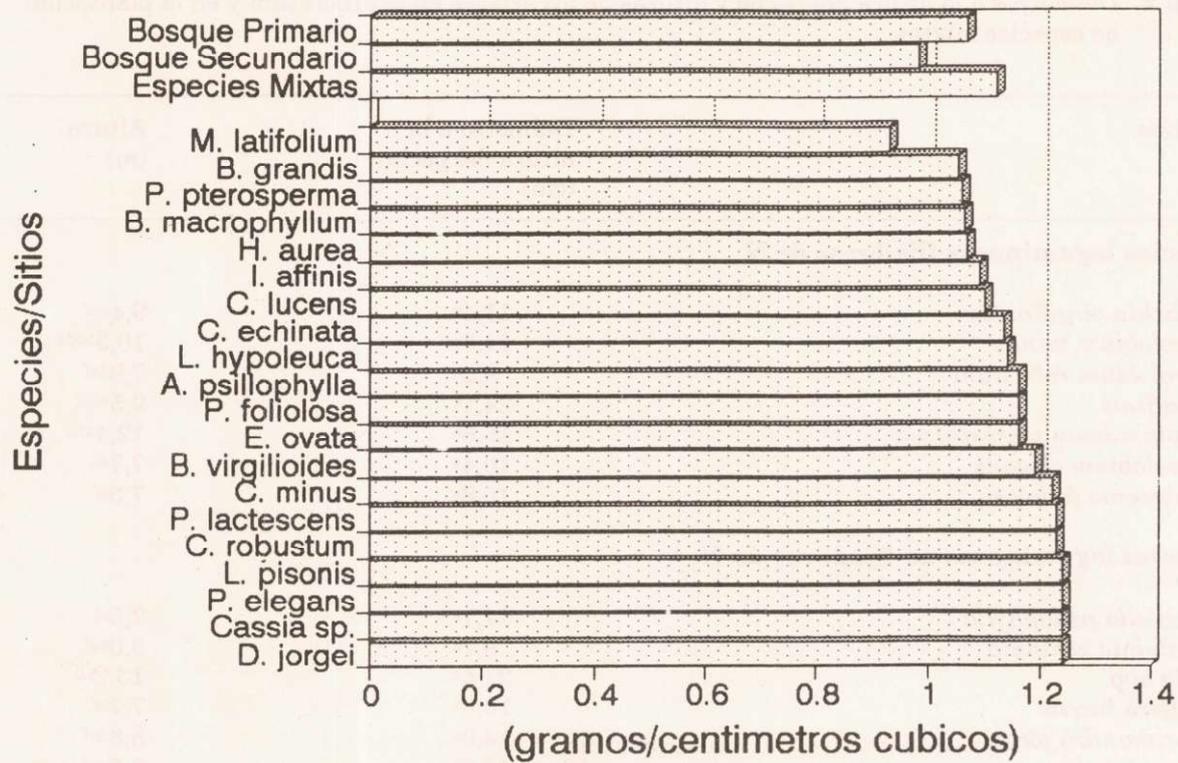


Figura 1. Densidad aparente del suelo bajo las veinte especies arbóreas en el arboretum, el bosque secundario, el bosque primario y la plantación de especies mixtas en la Estación Ecológica Pau Brasil.

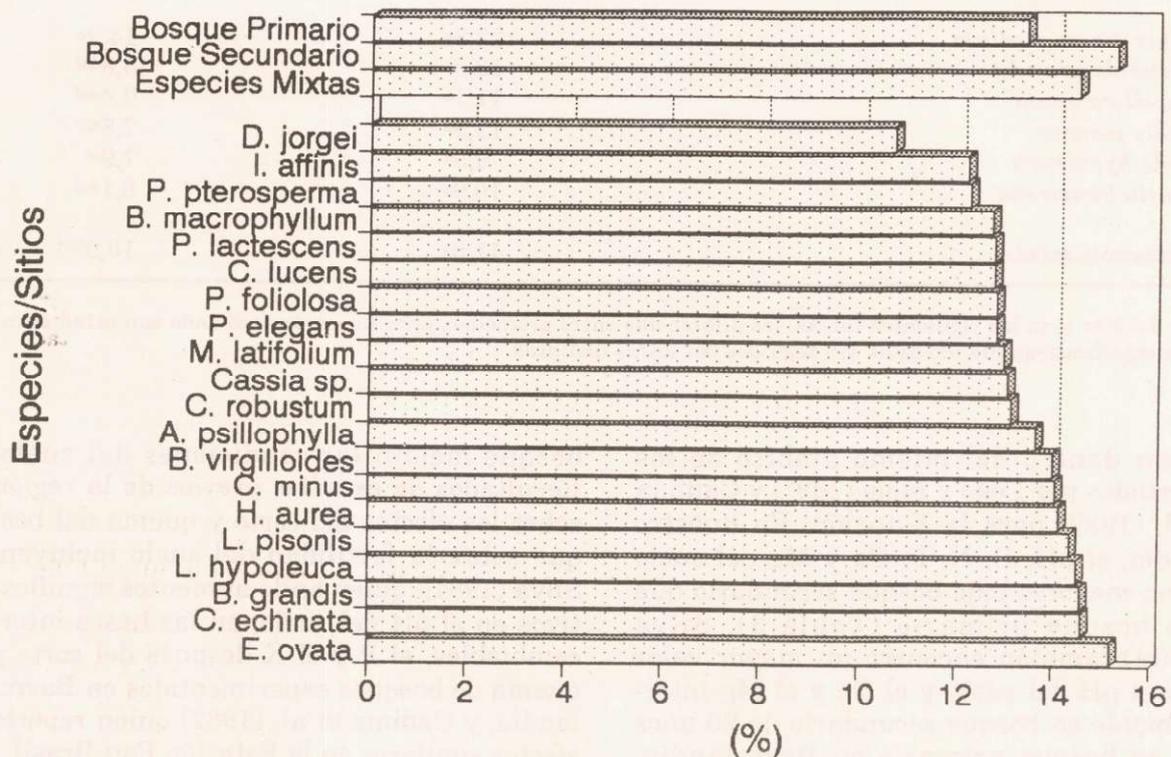


Figura 2. Contenido de agua en el suelo bajo veinte especies arbóreas en el arboretum, el bosque secundario, el bosque primario y la plantación de especies mixtas en la Estación Ecológica Pau Brasil.

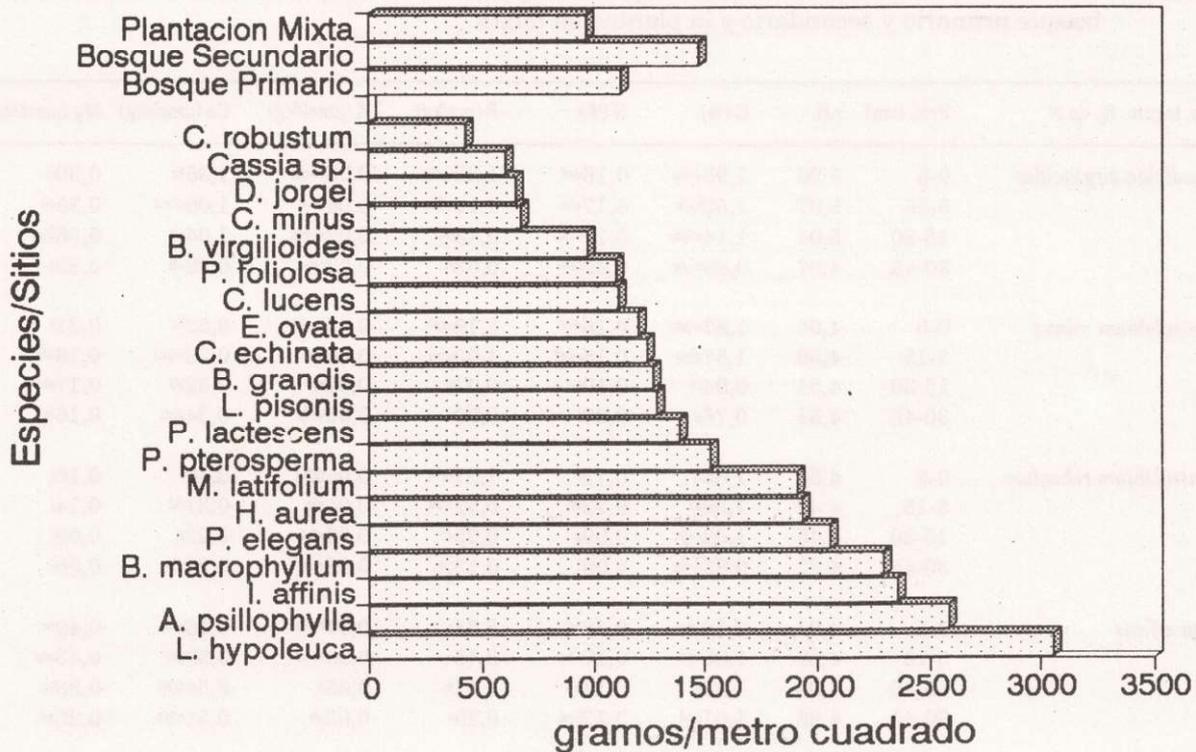


Figura 3. Hojarasca total sobre el suelo del bosque (hojas enteras, ramas y fragmentos) bajo las veinte especies arbóreas en el arboretum, el bosque secundario, el bosque primario y la plantación de especies mixtas en la Estación Ecológica Pau Brasil.

al bosque primario, están resumidas en la tabla 4. Se detectaron efectos positivos al menos en la mitad de los parámetros estudiados bajo 15 especies arbóreas. Efectos positivos en más de 5 parámetros fueron observados bajo *B. virgilioides*, *I. affinis*, *P. pterosperma* (especies fijadoras de N); *A. psillophylla*, *C. echinata*, *Cassia* spp., *C. lucens*, *H. aurea* (especies leguminosas, no fijadoras de N); *B. macrophyllum*, *B. grandis*, *E. ovata*, *L. pisonis*, *L. hypoleuca* (de otras familias). Los resultados confirman hallazgos previos relacionados a los efectos positivos en suelos bajo *C. echinata* (Silva 1983); no se encontraron antecedentes de las otras especies. Con la excepción de *Cassia* spp. y *P. pterosperma*, las especies de mayor efecto positivo en los suelos eran de tamaño mediano o pequeño. Esto puede estar relacionado a la forma de la copa: los árboles pequeños pueden tener ramificaciones extensas con más hojas y ramas pequeñas, es decir, una proporción mayor de biomasa potencialmente reciclable, en comparación con árboles más altos de tron-

cos más derechos y menos ramificaciones. El suelo en la plantación mixta exhibió valores similares de pH, C, N, Mg, una concentración levemente mayor de P y menor de K y Mg que el suelo del bosque primario. Aparentemente, este sistema representa una situación intermedia con respecto a las parcelas puras. Esta plantación mixta también contenía algunas especies exóticas como *Pinus* spp. y *Eucalyptus* spp., cuya presencia puede haber creado una situación diferente respecto a las especies nativas.

Mecanismos de reciclaje de nutrientes

Todas las especies fijadoras de N tenían una concentración de N foliar > 2%, cantidad comparable a otras especies arbóreas tropicales fijadoras de N (Young 1989, Montagnini y Sancho 1992) (Tabla 5). Dos especies no fijadoras de N tuvieron valores > 2%: *D. jorgei* y *H. aurea*; es posible que estas especies también fijen N aunque no fue observada nodulación en estos árboles. Los otros nutrientes estudiados en las hojas estuvieron dentro del ámbito de valores

Tabla 3. Características químicas del suelo bajo las 20 parcelas mono-específicas en el arboretum, el bosque primario y secundario y la plantación mixta

Esp. legum. fij. de N	Prof. (cm)	pH	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K ($\mu\text{mol/kg}$)	Ca ($\mu\text{mol/kg}$)	Mg ($\mu\text{mol/kg}$)
<i>Bowdichia virgilioides</i>	0-5	4,98	1,98 ^{defg}	0,16 ^{def}	1,32 ^{defg}	0,06 ^{cdefg}	1,35 ^{bc}	0,39 ^{de}
	5-15	5,07	1,52 ^{hijk}	0,17 ^{abc}	1,14 ^{efgh}	0,06 ^{bcd}	1,08 ^{abcd}	0,35 ^{cd}
	15-30	5,04	1,14 ^{efghi}	0,12 ^{bcd}	0,43 ^{def}	0,03 ^{cdefg}	1,04 ^{ab}	0,36 ^{bc}
	30-45	4,97	0,89 ^{defg}	0,09 ^{fghi}	0,03 ^d	0,02 ^{cdef}	0,92 ^{ab}	0,32 ^b
<i>Centrolobium minus</i>	0-5	4,65	1,87 ^{efghi}	0,16 ^{def}	1,19 ^{efgh}	0,05 ^{defghij}	0,53 ^{hi}	0,21 ⁱ
	5-15	4,59	1,57 ^{ghij}	0,15 ^{cdef}	1,00 ^{ghij}	0,04 ^{efg}	0,35 ^{hijkl}	0,16 ^{efg}
	15-30	4,54	0,94 ^{jk}	0,10 ^{fg}	0,07 ⁱ	0,02 ^{gh}	0,32 ^{ijk}	0,17 ^{ghik}
	30-45	4,54	0,76 ^g	0,09 ⁱ	0,00 ^d	0,02 ^{defg}	0,34 ^{ghij}	0,16 ^{fg}
<i>Centrolobium robustum</i>	0-5	4,55	1,65 ^{ij}	0,13 ^f	1,07 ^{fghi}	0,05 ^{fghij}	0,40 ⁱ	0,16 ⁱ
	5-15	4,49	1,39 ^{kl}	0,13 ^{gh}	0,92 ^{hijk}	0,04 ^{efg}	0,31 ^{jkl}	0,14 ^j
	15-30	4,45	1,02 ^{hijk}	0,09 ^g	0,35 ^{ef}	0,03 ^{efgh}	0,22 ^k	0,09 ^l
	30-45	4,51	0,89 ^{defg}	0,08 ⁱ	0,13 ^{cd}	0,02 ^{cdef}	0,24 ^{ijk}	0,08 ⁱ
<i>Inga affinis</i>	0-5	4,91	2,10 ^{cde}	0,18 ^{cd}	3,64 ^a	0,07 ^{bcde}	0,76 ^{gh}	0,49 ^{bc}
	5-15	4,89	1,85 ^{bcd}	0,17 ^{abc}	3,48 ^a	0,06 ^{abcd}	0,59 ^{ghi}	0,43 ^{efg}
	15-30	4,90	1,46 ^a	0,14 ^{ab}	1,41 ^b	0,05 ^a	0,54 ^{fghi}	0,33 ^{bc}
	30-45	4,88	1,01 ^{bcd}	0,12 ^{bcd}	0,29 ^c	0,03 ^{ab}	0,51 ^{efgh}	0,25 ^{cd}
<i>Parapiptadenia pterosperma</i>	0-5	4,97	2,38 ^{ab}	0,20 ^{bc}	0,78 ^{ijk}	0,08 ^b	1,40 ^{bc}	0,60 ^a
	5-15	4,92	1,76 ^{cdef}	0,18 ^a	0,63 ^{ijkl}	0,06 ^{bcd}	1,01 ^{bcde}	0,49 ^a
	15-30	4,91	1,29 ^{bcde}	0,14 ^{ab}	0,12 ^{ghij}	0,03 ^{cdefg}	0,81 ^{cd}	0,42 ^a
	30-45	4,86	1,09 ^b	0,11 ^{def}	0,00 ^d	0,02 ^{bcd}	0,79 ^{bc}	0,39 ^a
<i>Pithecelobium elegans</i>	0-5	4,84	1,67 ^{hij}	0,15 ^{ef}	0,59 ^{kl}	0,05 ^{efghij}	0,79 ^{gh}	0,49 ^{de}
	5-15	4,86	1,48 ^{ijkl}	0,13 ^{fgh}	1,41 ^{def}	0,04 ^{fgh}	0,73 ^{fg}	0,28 ^{bc}
	15-30	4,73	1,10 ^{fghij}	0,12 ^{bcd}	1m98 ^a	0,02 ^{gh}	0,56 ^{efgh}	0,17 ^{ghij}
	30-45	4,69	0,79 ^{fg}	0,11 ^{defg}	0,93 ^a	0,02 ^{cdefg}	0,44 ^{fghi}	0,12 ^{ghi}
<i>Plathyenia foliolosa</i>	0-5	4,68	2,08 ^{cde}	0,18 ^{bcd}	0,13 ^m	0,05 ^{efghij}	1,05 ^{cdefg}	0,42 ^{cd}
	5-15	4,81	2,17 ^a	0,17 ^{ab}	0,10 ^m	0,05 ^{def}	1,19 ^{ab}	0,40 ^{hi}
	15-30	4,84	1,35 ^{abc}	0,12 ^{cde}	0,01 ^j	0,03 ^{efgh}	0,95 ^{abc}	0,32 ^c
	30-45	4,66	1,08 ^{bc}	0,11 ^{def}	0,00 ^d	0,02 ^{bcd}	0,67 ^{cd}	0,24 ^{cde}
<i>Arapatiella psilophylla</i>	0-5	4,68	1,94 ^{defg}	0,18 ^{bcd}	1,45 ^{de}	0,06 ^{bcdef}	0,38 ⁱ	0,37 ^{de}
	5-15	4,67	1,76 ^{cdef}	0,17 ^{abc}	1,31 ^{efg}	0,05 ^{def}	0,35 ^{ijkl}	0,30 ^b
	15-30	4,70	1,18 ^{defgh}	0,12 ^{cde}	0,63 ^d	0,03 ^{efgh}	0,36 ^{ghijk}	0,23 ^{def}
	30-45	4,71	1,00 ^{bcde}	0,11 ^{def}	0,14 ^{cd}	0,02 ^{cdefg}	0,39 ^{fghij}	0,16 ^{fg}
<i>Caesalpinia echinata</i>	0-5	5,08	2,41 ^a	0,17 ^{cdef}	1,54 ^{de}	0,72 ^{bcd}	1,17 ^{bcde}	0,39 ^{de}
	5-15	5,08	1,97 ^b	0,18 ^a	2,04 ^b	0,07 ^a	0,77 ^{efg}	0,43 ^{ab}
	15-30	5,05	1,36 ^{abc}	0,15 ^a	1,16 ^c	0,04 ^{ab}	0,42 ^{ghij}	0,39 ^{ab}
	30-45	5,16	1,89 ^a	0,16 ^a	0,56 ^b	0,04 ^a	0,56 ^{de}	0,29 ^{bc}
<i>Cassia sp.</i>	0-5	4,73	1,94 ^{defg}	0,16 ^{def}	1,40 ^{def}	0,07 ^{bcde}	0,56 ^{hi}	0,34 ^{de}
	5-15	4,74	1,79 ^{bcde}	0,16 ^{bcde}	1,12 ^{fghi}	0,06 ^{abcd}	0,47 ^{hijk}	0,28 ^{ij}
	15-30	4,69	1,23 ^{cdef}	0,13 ^{bcd}	0,34 ^{fg}	0,03 ^{cdef}	0,41 ^{ghij}	0,20 ^{efgh}
	30-45	4,66	0,90 ^{cdefg}	0,10 ^{efgh}	0,09 ^d	0,02 ^{bcd}	0,39 ^{fghij}	0,15 ^{gh}

Nota: En ésta y en las siguientes tablas, las diferencias entre promedios para un parámetro dado y para la profundidad son estadísticamente significativas cuando los valores son seguidos por letras distintas.

Tabla 3. Continuación

Esp. legum. fij. de N	Prof. (cm)	pH	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (μmol/kg)	Ca (μmol/kg)	Mg (μmol/kg)
<i>Copaifera lucens</i>	0-5	5,03	2,02 ^{cdef}	0,17 ^{cdef}	0,63 ^{ijkl}	0,06 ^{cdefgh}	1,15 ^{bcdef}	0,34 ^{de}
	5-15	5,03	1,88 ^{bc}	0,14 ^{efg}	0,38 ^{lm}	0,04 ^{efg}	0,94 ^{cdef}	0,27 ^{efg}
	15-30	5,09	0,89 ^k	0,06 ^h	0,00 ⁱ	0,02 ^{gh}	1,06 ^a	0,26 ^d
	30-45	4,92	0,80 ^{fg}	0,05 ⁱ	0,00 ^d	0,01 ^{fg}	1,01 ^{as}	0,23 ^{de}
<i>Dimorphandra jorgei</i>	0-5	4,98	1,97 ^{defg}	0,19 ^{bc}	0,97 ^{ghij}	0,03 ⁱ	0,98 ^{defg}	0,32 ^{efgh}
	5-15	5,02	1,74 ^{cdefg}	0,16 ^{bcde}	0,74 ^{ijkl}	0,03 ^h	0,92 ^{def}	0,26 ^{ij}
	15-30	4,97	1,15 ^{efghi}	0,13 ^{bc}	0,10 ^{hij}	0,02 ^h	0,75 ^{cdef}	0,20 ^{efgh}
	30-45	4,86	0,84 ^{defg}	0,11 ^{cde}	0,00 ^d	0,01 ^g	0,54 ^{def}	0,15 ^{fgh}
<i>Hymenaea aurea</i>	0-5	4,44	2,00 ^{defg}	0,16 ^{def}	2,03 ^c	0,06 ^{cdefgh}	0,26 ⁱ	0,24 ^{hi}
	5-15	4,40	1,60 ^{fghi}	0,15 ^{cdef}	1,28 ^{efgh}	0,05 ^{def}	0,17 ^l	0,15 ^{efgh}
	15-30	4,11	1,15 ^{efghi}	0,12 ^{cde}	0,56 ^d	0,04 ^{bcd}	0,13 ^k	0,12 ^{ijkl}
	30-45	4,40	0,89 ^{defg}	0,13 ^b	0,00 ^d	0,02 ^{bcd}	0,11 ^k	0,10 ^{fgh}
<i>Macrobium latifolium</i>	0-5	4,76	1,90 ^{efgh}	0,16 ^{def}	0,67 ^{jk}	0,04 ^{hij}	0,36 ⁱ	0,25 ^{fghi}
	5-15	4,73	1,59 ^{fghij}	0,15 ^{cdef}	0,59 ^{kl}	0,03 ^h	0,28 ^{kl}	0,15 ^{efg}
	15-30	4,70	1,34 ^{abcd}	0,12 ^{cd}	0,23 ^{fghi}	0,02 ^h	0,30 ^{ijk}	0,11 ^{kl}
	30-45	4,62	0,97 ^{bcdef}	0,11 ^{defg}	0,06 ^d	0,02 ^{cdefg}	0,24 ^{ijk}	0,09 ⁱ
<i>Bombax macrophyllum</i>	0-5	4,81	1,78 ^{ghij}	0,13 ^f	1,42 ^{de}	0,06 ^{cdefghi}	0,84 ^{efgh}	0,33 ^{ef}
	5-15	4,69	1,68 ^{defgh}	0,13 ^{gh}	1,24 ^{efgh}	0,06 ^{abc}	0,57 ^{ghi}	0,24 ^{gh}
	15-30	4,58	1,41 ^{ab}	0,09 ^g	0,59 ^d	0,04 ^{abcd}	0,34 ^{hijk}	0,13 ^{ijkl}
	30-45	4,55	1,09 ^b	0,08 ⁱ	0,05 ^d	0,03 ^{bc}	0,34 ^{ghij}	0,10 ^{hi}
<i>Buchenavia grandis</i>	0-5	4,60	2,06 ^{cdef}	0,14 ^b	2,09 ^c	0,06 ^{bcdef}	0,80 ^{fgh}	0,33 ^{ef}
	5-15	4,54	1,90 ^{bc}	0,15 ^{defg}	1,89 ^{bc}	0,05 ^{de}	0,42 ^{hijkl}	0,25 ^{fgh}
	15-30	4,46	1,18 ^{defgh}	0,12 ^{cdef}	1,01 ^c	0,03 ^{efgh}	0,22 ^k	0,18 ^{fghi}
	30-45	4,46	0,89 ^{defg}	0,09 ^{hi}	0,12 ^{cd}	0,02 ^{bcde}	0,21 ^k	0,16 ^{fg}
<i>Eschweilera ovata</i>	0-5	5,32	1,82 ^{fghij}	0,31 ^a	0,58 ^{kl}	0,11 ^a	1,38 ^{bc}	0,53 ^{ab}
	5-15	5,16	1,65 ^{efghi}	0,15 ^{cdef}	0,42 ^{lm}	0,06 ^{ab}	1,18 ^{abc}	0,39 ^{bc}
	15-30	4,99	1,18 ^{defg}	0,09 ^g	0,10 ^{hij}	0,04 ^{abcd}	0,81 ^{bc}	0,22 ^{defg}
	30-45	4,60	0,79 ^{fg}	0,09 ^{ghi}	0,00 ^d	0,02 ^{cdef}	0,37 ^{fghij}	0,09 ⁱ
<i>Lecythis pisonis</i>	0-5	5,27	1,99 ^{defg}	0,18 ^{bcd}	0,23 ^{lm}	0,04 ^{ghij}	1,46 ^b	0,32 ^{efgh}
	5-15	5,25	1,61 ^{efghi}	0,17 ^{ab}	0,08 ^m	0,03 ^{gh}	1,31 ^a	0,29 ^{defg}
	15-30	5,87	1,00 ^{ijk}	0,13 ^{bcd}	0,00 ^j	0,02 ^h	1,12 ^a	0,25 ^{de}
	30-45	4,92	0,84 ^{defg}	0,12 ^{bc}	0,00 ^d	0,01 ^{fg}	0,79 ^{abc}	0,20 ^{ef}
<i>Licania hypoleuca</i>	0-5	5,02	1,63 ^j	0,14 ^f	1,61 ^d	0,07 ^{bcd}	1,31 ^{bcd}	0,35 ^{de}
	5-15	4,96	1,33 ^l	0,12 ^h	1,34 ^{defg}	0,05 ^{cde}	1,08 ^{abcd}	0,27 ^{def}
	15-30	4,92	0,93 ^k	0,09 ^g	0,32 ^{fgh}	0,02 ^{fgh}	0,78 ^{cde}	0,24 ^{de}
	30-45	4,85	0,82 ^{efg}	0,09 ⁱ	0,04 ^d	0,01 ^{efg}	0,70 ^{bcd}	0,24 ^{cde}
<i>Pradosia lactescens</i>	0-5	4,91	2,15 ^{bcd}	0,18 ^{bcd}	0,81 ^{ijk}	0,05 ^{fghij}	0,84 ^{efgh}	0,24 ^{ghi}
	5-15	4,83	1,76 ^{cdef}	0,11 ^{efg}	0,51 ^l	0,04 ^{fgh}	0,60 ^{gh}	0,17 ^{ij}
	15-30	4,73	1,23 ^{cdef}	0,10 ^{efg}	0,02 ^{ij}	0,03 ^{efgh}	0,58 ^{defg}	0,14 ^{ijkl}
	30-45	4,67	0,91 ^{cdefg}	0,10 ^{efgh}	0,00 ^d	0,01 ^{defg}	0,45 ^{fghi}	0,12 ^{ghi}

Tabla 3. Continuación

Esp. legum. fij. de N	Prof. (cm)	pH	C (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (μmol/kg)	Ca (μmol/kg)	Mg (μmol/kg)
Bosque primario	0-5	4,69 ^{cde}	1,99 ^{defg}	0,15 ^{ef}	0,96 ^{hij}	0,08 ^{bc}	1,23 ^{bcd}	0,36 ^{de}
	5-15	4,67 ^{def}	1,42 ^{kl}	0,12 ^h	0,43 ^{lm}	9,95 ^{bed}	0,54 ^{ghij}	0,21 ^{de}
	15-30	4,72 ^{bcdefg}	1,02 ^{hijk}	0,10 ^{fg}	0,06 ^ü	0,05 ^{ab}	0,34 ^{hijk}	0,12 ^{kl}
	30-45	4,66 ^e	0,77 ^s	0,09 ^{hi}	0,00 ^d	0,03 ^{ab}	0,25 ^{ük}	0,10 ^{hi}
Bosque secundario	0-5	5,15 ^{ikl}	2,25 ^{abc}	0,22 ^b	2,46 ^b	0,07 ^{bcde}	2,20 ^a	0,62 ^a
	5-15	5,04 ^{lmno}	1,68 ^{defgh}	0,16 ^{abcd}	1,71 ^{bcd}	0,05 ^{cde}	0,93 ^{def}	0,32 ^{de}
	15-30	4,82 ^{defg}	1,03 ^{ghijk}	0,11 ^{def}	0,60 ^d	0,03 ^{defgh}	0,52 ^{ghij}	0,21 ^{defg}
	30-45	4,62 ^{de}	0,78 ^s	0,11 ^{def}	0,03 ^d	0,02 ^{cdef}	0,32 ^{hijk}	0,20 ^{ef}
Plantación mixta	0-5	4,67 ^{cde}	1,74 ^{hij}	0,16 ^{def}	1,97 ^c	0,04 ^ü	0,59 ^{hi}	0,33 ^{efg}
	5-15	4,62 ^{de}	1,69 ^{defgh}	0,17 ^{ab}	1,52 ^{cde}	0,03 ^{gh}	0,40 ^{hijkl}	0,25 ^{fgh}
	15-30	4,64 ^{bcdef}	0,97 ^{jk}	0,13 ^{bc}	0,34 ^f	0,02 ^h	0,28 ^k	0,15 ^{hijk}
	30-45	4,60 ^{de}	0,79 ^{fg}	0,11 ^{def}	0,00 ^d	0,01 ^{fg}	0,25 ^{ük}	0,11 ^{ghi}

Tabla 4. Clasificación de las veinte especies arbóreas del arboretum de acuerdo a la influencia de las mismas sobre los parámetros del suelo en referencia al bosque primario.

Especies	Efectos sobre los parámetros del suelo									
	DA	H ₂ O	H	pH	C	N	P	Ca	Mg	K
Especies fijadoras de N										
<i>Bowdichia virgilioides</i>	0	+	0	++	+	+	+	+	+	++
<i>Centrolobium minus</i>	0	+	0	+	0	+	+	0	0	0
<i>Centrolobium robustum</i>	0	+	0	+	0	0	+	0	0	0
<i>Inga affinis</i>	0	0	++	++	++	++	++	0	++	++
<i>Parapiptadenia pterosperma</i>	+	0	++	++	++	++	0	+	++	++
<i>Pithecelobium elegans</i>	0	0	++	+	+	0	0	0	+	0
<i>Plathymenia foliolosa</i>	0	0	0	+	++	++	0	0	+	0
Especies No-Fijadoras de N										
<i>Arapatiella psilophylla</i>	0	+	++	+	+	++	++	0	+	++
<i>Caesalpinia echinata</i>	0	++	+	++	++	+++++	+	+		
<i>Cassia sp.</i>	0	+	0	+	+	+	++	0	+	++
<i>Copaifera lucens</i>	0	0	0	++	+	+	0	+	+	++
<i>Dimorphandra jorgei</i>	0	0	0	++	+	++	+	0	+	0
<i>Hymenaea aurea</i>	+	+	++	0	+	+	++	0	0	+
<i>Macrolobium latifolium</i>	++	0	++	+	+	+	0	0	0	0
Otras familias										
<i>Bombax macrophyllum</i>	+	0	++	+	0	0	++	0	+	++
<i>Buchenavia grandis</i>	+	++	+	0	+	0	++	0	+	++
<i>Eschweilera ovata</i>	0	++	+	++	0	++	0	+	++	++
<i>Lecythis pisonis</i>	0	++	+	++	+	++	0	+	+	0
<i>Licania hypoleuca</i>	0	++	++	++	0	0	++	+	+	++
<i>Pradosia lactescens</i>	0	0	++	+	+	++	+	0	0	0

Nota: DA = densidad aparente del suelo, H = acumulación de hojarasca sobre el suelo del bosque; H₂O = humedad del suelo; 0 = menos que en el bosque; + = similar al bosque; ++ = mayor que en el bosque.

reportados para otros árboles tropicales (Young 1989, Montagnini y Sancho 1992) (Tabla 5), con diferencias entre especies. Algunas especies presentaron altas concentraciones de ciertos nutrientes en el follaje: por ejemplo, *P. pterosperma* tenía altos niveles foliares de N y Ca, *C. robustum* de P y K, *D. jorgei* de N y P, *B. macrophyllum* y *L. hypoleuca* de K y Mg, y *B. grandis* de N, P y Ca; sin embargo, no se observó una combinación particular de nutrientes que estuviese constantemente presente en niveles altos en ninguno de los grupos de especies.

De acuerdo con sus efectos positivos sobre el N del suelo, *I. affinis* y *P. pterosperma* presentaron altas concentraciones de N foliar. Sin embargo, el contenido de nutrientes en las hojas de las especies no siempre fue un buen indicador de sus efectos en los suelos. Por ejemplo, no se notaron efectos beneficiosos en los suelos bajo *C. robustum* o *C. minus*, a pesar de que estas dos especies tenían altos niveles de P y cationes en sus hojas y en la hojarasca del suelo boscoso (Tablas 5 y 6). La interpretación de estos resultados es limitada porque

Tabla 5. Porcentaje de N, P, K, Ca y Mg en hojas externas de la hojarasca del suelo del bosque para las veinte especies arbóreas del arboretum, el bosque primario y secundario, y la plantación de especies mixtas.

Especies/sitios	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Especies leguminosas fijadoras del nitrógeno					
<i>Bowdichia virgilioides</i>	1,84 ^{ab}	0,01 ^h	0,08 ^{ghijk}	1,06 ^j	0,13 ^{ik}
<i>Centrolobium minus</i>	1,89 ^a	0,04 ^a	0,41 ^a	1,20 ^{hij}	0,21 ^{cd}
<i>Centrolobium robustum</i>	1,51 ^{efgh}	0,04 ^a	0,08 ^{ghijklm}	1,31 ^{fgh}	0,19 ^{de}
<i>Inga affinis</i>	1,86 ^{ab}	0,04 ^{ab}	0,11 ^{defi}	1,58 ^c	0,15 ^{ghi}
<i>Parapiptadenia pterosperma</i>	1,65 ^{cdef}	0,03 ^{bc}	0,05 ^{mn}	1,23 ^{ghi}	0,17 ^{efg}
<i>Pithecelobium elegans</i>	1,54 ^{defg}	0,02 ^d	0,04 ^{mn}	0,45 ⁿ	0,10 ^{ikl}
<i>Plathymenia foliolosa</i>	1,81 ^{abc}	0,03 ^{bc}	0,04 ⁿ	0,41 ⁿ	0,02 ^m
Especies leguminosas no-fijadoras de nitrógeno					
<i>Arapatiella psilophylla</i>	1,18 ^{ilm}	0,02 ^{de}	0,08 ^{ghijkl}	0,85 ^{lm}	0,10 ^l
<i>Caesalpinia echinata</i>	1,49 ^{gh}	0,03 ^{bc}	0,07 ^{hijklm}	2,05 ^a	0,10 ^{ijkl}
<i>Cassia</i> sp.	1,10 ^{lmno}	0,02 ^{defg}	0,06 ^{ijklm}	0,74 ^{lm}	0,10 ^{kl}
<i>Copaifera lucens</i>	1,37 ^{hil}	0,04 ^a	0,20 ^b	1,16 ^{hij}	0,17 ^{efg}
<i>Dimorphandra jorgei</i>	1,69 ^{bcd}	0,01 ^{gh}	0,05 ^{mno}	0,68 ^m	0,16 ^{kl}
<i>Hymenaea aurea</i>	1,35 ^{hil}	0,04 ^a	0,12 ^{de}	0,87 ^l	0,17 ^{efg}
<i>Macrolobium latifolium</i>	1,04 ^{mn}	0,02 ^{fg}	0,05 ^{mno}	1,21 ^{ghij}	0,27 ^b
Otras familias					
<i>Bombax macrophyllum</i>	1,15 ^{ilm}	0,02 ^{efg}	0,02 ^{efg}	2,08 ^a	0,47 ^a
<i>Buchenavia grandis</i>	1,50 ^{fgh}	0,04 ^{ab}	0,10 ^{defgi}	1,77 ^b	0,18 ^e
<i>Escheilera ovata</i>	0,97 ^{no}	0,02 ^{efg}	0,12 ^{de}	1,09 ^{ij}	0,26 ^b
<i>Lecythis pisonis</i>	1,23 ^{ijl}	0,04 ^{ab}	0,09 ^{fghij}	1,31 ^{efg}	0,16 ^{efg}
<i>Licania hypoleuca</i>	0,82 ^{op}	0,02 ^d	0,15 ^c	1,36 ^{defg}	0,16 ^{fgh}
<i>Pradosia lactescens</i>	0,71 ^p	0,02 ^{def}	0,11 ^{defgi}	0,81 ^{lm}	0,14 ^{hi}
Sitios de control					
Bosque primario	1,71 ^{bee}	0,02 ^d	0,09 ^{efghi}	1,49 ^{cdf}	0,18 ^{ef}
Bosque secundario	1,78 ^{abc}	0,03 ^c	0,13 ^{cd}	1,53 ^c	0,23 ^c
Plantación mixta	1,15 ^{ilm}	0,02 ^{def}	0,06 ^{ijklmn}	0,82 ^{lm}	0,17 ^{efg}

Tabla 6. Concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y Al en hojas vivas de las veinte especies del arboretum.

Especies/sitios	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Calcio (%)	Magnesio (%)	Aluminio (ppm)
Especies leguminosas fijadoras de nitrógeno						
<i>Bowdichia virgilioides</i>	2,18 ^b	0,07 ^{cdefgh}	0,62 ^{def}	0,72 ^{efg}	0,16 ^g	100 ^{fg}
<i>Centrolobium minus</i>	2,05 ^{bc}	0,10 ^b	0,90 ^{bcd}	1,08 ^d	0,30 ^{bc}	100 ^{fg}
<i>Centrolobium robustum</i>	2,16 ^b	0,14 ^a	1,46 ^a	0,50 ^{ghi}	0,24 ^{cdef}	40 ^g
<i>Inga affinis</i>	2,61 ^a	0,12 ^a	0,67 ^{def}	1,11 ^{cd}	0,19 ^{efg}	280 ^b
<i>Parapiptadenia pterosperma</i>	2,46 ^a	0,05 ^h	0,58 ^{efgh}	1,67 ^a	0,35 ^b	120 ^{ef}
<i>Pithecelobium elegans</i>	1,76 ^e	0,05 ^{gh}	0,32 ^h	0,48 ^{ghi}	0,18 ^{fg}	180 ^{de}
<i>Plathymenia foliosa</i>	2,17 ^b	0,07 ^{bcdefgh}	0,64 ^{def}	0,24 ⁱ	0,14 ^g	80 ^{fg}
Especies leguminosas no-fijadoras de nitrógeno						
<i>Arapatiella psilophylla</i>	1,42 ^f	0,08 ^{bcd}	1,02 ^b	0,36 ^{hi}	0,15 ^g	420 ^a
<i>Caesalpinia echinata</i>	1,88 ^{cde}	0,08 ^{bcde}	0,67 ^{def}	1,38 ^{bc}	0,16 ^g	260 ^{bc}
<i>Cassia</i> sp.	1,80 ^{de}	0,07 ^{cdefgh}	0,33 ^{gh}	0,90 ^{def}	0,25 ^{cde}	200 ^{cd}
<i>Copaifera lucens</i>	1,99 ^{bcd}	0,08 ^{bcdefg}	0,71 ^{cde}	1,04 ^d	0,14 ^g	120 ^{ef}
<i>Dimorphandra jorgei</i>	2,16 ^b	0,09 ^{bc}	0,56 ^{efgh}	0,36 ^{hi}	0,14 ^g	100 ^{fg}
<i>Hymenaea aurea</i>	2,02 ^{bc}	0,09 ^{bc}	0,62 ^{def}	0,61 ^{gh}	0,21 ^{defg}	100 ^{fg}
<i>Macrolobium latifolium</i>	1,50 ^f	0,08 ^{bcd}	0,52 ^{efgh}	0,69 ^{fg}	0,31 ^{bc}	80 ^{fg}
Otras familias						
<i>Bombax macrophyllum</i>	1,52 ^f	0,06 ^{defgh}	1,31 ^a	1,02 ^d	0,54 ^a	120 ^{ef}
<i>Buchenavia grandis</i>	2,02 ^{bc}	0,09 ^b	0,79 ^{bcde}	1,56 ^{ab}	0,25 ^{cde}	100 ^{fg}
<i>Eschewilera ovata</i>	1,42 ^f	0,06 ^{fgh}	0,40 ^{fgh}	1,01 ^d	0,28 ^{cd}	200 ^{cd}
<i>Lecythis pisonis</i>	1,73 ^e	0,08 ^{bcdef}	0,59 ^{efg}	1,03 ^d	0,26 ^{cde}	140 ^{def}
<i>Licania hypoleuca</i>	1,42 ^f	0,06 ^{efgh}	0,95 ^{bc}	0,98 ^{de}	0,31 ^{bc}	100 ^{fg}
<i>Pradosia lactescens</i>	1,19 ^g	0,08 ^{bcd}	0,67 ^{def}	0,66 ^{fg}	0,15 ^g	300 ^b

el contenido de nutrientes en las hojas puede variar con el tiempo en que se realice el muestreo; sin embargo, resultados de otros trabajos donde se analizaron nutrientes foliares de especies tropicales muestran que las diferentes tendencias entre las especies eran casi siempre constantes a través del año (Garrido y Poggiani 1981/2, Montagnini y Sancho, datos no publicados).

La acumulación de hojarasca sobre el suelo fue mayor en el bosque secundario que en el primario, similar a las observaciones de Silva (1990a) en Barrolandia; los nutrientes de la hojarasca también eran mayores que en el bosque primario, sugiriendo que la hojarasca en el suelo del bosque secundario es una fuente importante de nutrientes para el suelo.

Entre las 20 especies del arboretum, las mayores cantidades de hojarasca sobre el suelo del bosque fueron halladas bajo *L. hypoleuca*, *A. psilophylla*, *I. affinis*, *B. macrophyllum* y *P. elegans*: efectos positivos sobre los suelos fueron hallados bajo todas estas especies, con la menor influencia aportada por *P. elegans*. Esto sugiere que los nutrientes del suelo boscoso fueron incorporados al mismo vía descomposición, mientras que la hojarasca bajo las otras especies probablemente se descomponía más lentamente y por eso su contribución a los nutrientes del suelo fue relativamente menor. Da Vinha y Pereira (1983) reportaron altas tasas de caída hojarasca bajo *B. grandis*, *B. macrophyllum*, *C. echinata*, *P. foliolosa*, *H. aurea* y *L. pisonis* en el mismo

arboretum. De este grupo de especies, la descomposición de la hojarasca fue más rápida bajo *B. grandis* (da Vinha et al. 1985). A pesar de que tuvo efectos positivos sobre los suelos, la hojarasca bajo *L. hypoleuca* no tenía altas concentraciones de nutrientes. La hojarasca de alto contenido de nutrientes y descomposición más lenta puede actuar como una reserva bajo las otras especies.

En párrafos anteriores hemos hecho una lista de las especies potencialmente útiles para la recuperación de la fertilidad de los suelos, y hemos señalado algunos mecanismos relacionados a las reacciones observadas. Deberíamos nuevamente indicar que estos resultados son limitados porque las medidas fueron tomadas solamente una vez, y que algunos parámetros pueden cambiar a través del año. Además, para poder hacer generalizaciones sobre el impacto de una especie, el estudio debe ser replicado en diferentes sitios. Sin embargo, el muestreo de árboles individuales es frecuentemente usado en sistemas agroforestales para estudiar sus impactos sobre los suelos en situaciones donde se encuentran árboles aislados (Young 1989). Estos resultados pueden ofrecer una contribución al conocimiento de la ecología de las especies estudiadas, en conjunto con la información existente sobre los suelos y el reciclaje de nutrientes de la región. Los resultados deberían ser aplicables bajo condiciones ecológicas similares. Por ejemplo, con respecto a la selección de especies para sistemas sostenibles en la región, Silva (1990b) sugirió favorecer aquellas especies con capacidades altas de reciclaje de nutrientes (e.g., *Gmelina arborea*), como así también aquellas adaptadas a suelos pobres (e.g., *Bowdichia virgilioides*). Las plantaciones arbóreas mixtas pueden ofrecer ventajas ecológicas sobre las plantaciones monoespecíficas: por ejemplo, experimentos recientes en Hawaii han demostrado que las mayores tasas de reciclaje de nutrientes por una especie arbórea (en este caso, *Albizia falcataria*, una leguminosa fijadora de N) en conjunto con la mayor eficiencia de uso de nutrientes de otra especie (*Eucalyptus saligna*) permitió una mayor productividad en las parcelas mixtas que en las parcelas puras de cada especie (Binkley et al. 1992).

En los sistemas de especies mixtas, la hojarasca y la descomposición de la misma es distribuida de manera más regular a lo largo del año (Garrido y Poggiani 1981/2). Los sistemas de especies múltiples son una alternativa prometedoras para el uso de suelos pobres si se dispone información sobre la capacidad de las especies para mejorar el suelo, la viabilidad económica y las necesidades de manejo (Silva 1990b, Montagnini 1992).

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, O. N. and E. K. ALLEN. 1981. The leguminosae: A source book of characteristics, uses, and nodulation. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin.

ANDERSON, J. M. and J. S. I. INGRAM (eds.). 1989. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. CAB International. Wallingford, Oxon, UK. 171 pp.

BINKLEY, D., K. A. DUNKIN, D. DeBELL and M. G. RYAN. 1992. Production and nutrient cycling in mixed plantations of *Eucalyptus* and *Albizia* in Hawaii. *Forest Science* 38 (2): 393-408.

BRICEÑO, J. A. and R. PACHECO (eds.). 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 152 pp.

CADIMA ZEBALLOS, A., L. F. DA SILVA e D. E. LOBAO. 1982. Alterações edáficas provocadas por un sistema de agricultura itinerante em solos de Tabuleiros do Sul de Bahia. *Theobroma* 12 (4): 267-272.

EVANS, J. 1987. Site and species selection: Changing perspectives. *Forest Ecology and Management* 21: 299-310.

GARRIDO, M. A. de Oliveira and F. POGGIANI. 1981/82. Avaliação da quantidade e do conteúdo de nutrientes do folheto de alguns povoamentos puros e misto de espécies indígenas. *Silvicultura em São Paulo* 15/16: 1-22.

GLADSTONE, W. T. and F. T. LEDIG. 1990. Reducing pressure on natural forests through high-yield forestry. *Forest Ecology and Management* 35: 69-78.

LEAO, A. C. and A. A. O. de MELO. 1997. Características morfológica, físico químicas e mineralógicas dos solos da Estação Pau-Brasil, Porto Seguro, Bahia Theobroma ():

McNEELY, J. A., K. R. MILLER, W. V. REID, R. A. MITTERMEIER and T. B. WERNER. 1990. Conserving the World's Biological Diversity. The World Bank, World Resources Institute, International Union for the Conservation of Nature, Conservation International and World Wildlife Fund. Gland, Switzerland. 193 pp.

MONTAGNINI, F. 1990. Ecology applied to agroforestry in the humid tropics. pp. 49-58. In: R. A. Goodland (ed.) Race to Save the Tropics. Ecology and Economics for a sustainable future. Island Press, Washington, D.C.

MONTAGNINI, F. and F. SANCHO. 1990. Impacts of native trees on tropical soils: a study in the Atlantic lowlands of Costa Rica. *Ambio* 19 (8): 386-390.

MONTAGNINI, F. 1992. Mixed-tree plantations with native trees: land-use systems for economic returns and soil restoration. Experiences in Costa Rica and Argentina. *Agroforestry Today*. In press.

MONTAGNINI, F. and F. SANCHO. 1992. Nutrient budgets of young plantations with native trees: strategies for sustained management. In: W. Bentley and M. Gowen (eds.). *Forests and wood-based biomass energy as rural development assets*. Proceedings of a workshop held in Old Saybrook (CT, USA), February 23-27, 1992. Winrock International Institute for Agricultural Development. Morrilton, Arkansas, USA. In press.

NAIR, P. K. R. 1989. The role of trees in soil productivity and protection. pp. 567-589. In Nair, P. K. R. (ed.). *Agroforestry systems in the tropics*. Kluwer Academic Publishers/International Council for Research in Agroforestry. Dordrecht, The Netherlands.

REFERENCE METHODS FOR SOIL TESTING. 1980. Council on soil testing and plant analysis. 1111 Plant Science Building. University of Georgia. Athens, Georgia. 130 pp.

SANCHEZ, P. A., C. A. PALM, C. B. DAVEY, L. T. SZOTT and C. E. RUSSELL. 1985. Tree crops as soil improvers in the humid tropics? pp. 327-350. In M. G. R. Cannell and J. E. Jackson (eds.). *Attributes of trees as crop plants*. Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environmental Research Council. Abbots Ripton, Huntingdon, England.

SANTANA, M. B. M., G. C. PEREIRA and F. I. MORAIS. 1977. Métodos de análise de solos, plantas e água utilizados no laboratório do setor de fertilidade do CEPEC. Centro de Pesquisas do Cacau, CEPLAC, Ilheus-Itabuna, Bahia, Brasil. 28 pp.

SILVA, L. F. 1981. Alterações edáficas em "Solos de tabuleiro" (Haplorthox) por influencia do desmatamento, queima e sistemas de manejo. *Theobroma* 1 (1): 5-19.

SILVA, L. F. 1983. Influencia de cultivos e sistemas de manejo nas modificações edáficas dos oxisols de tabuleiro (Haplorthox) do sul da Bahia. Belem (Brasil): CEPLAC, Departamento Especial da Amazonia.

SILVA, L. F. 1988. Alterações edáficas provocadas por essências florestais implantadas em solos de tabuleiro no Sul da Bahia. *Theobroma* 18 (4): 259-267.

SILVA, L. F. 1990a. interação solo-vegetação em floresta primária e capoeira do ecossistema de tabuleiro do sul da Bahia. *Agrotropica* ():

SILVA, L. F. 1990b. Manejo dos recursos naturais dos tropicais e suas consequências, contradições e perspectivas de uso em agricultura sustentável. 19 pp. Seminario Internacional sobre Investigación en Recursos Naturales para la Producción Agropecuaria, Bogotá, Colombia, 19-23 noviembre, 1990.

DA VINHA, S. G., T.; RAMOS do J. S. and M. HORI, 1976. Inventário Florestal; In: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Recursos Florestais. Ilheus, BA, Brasil. CEPLAC/IICA. pp. 20-212. (Diagnostico Socioeconomico da Regiao Cacaueira, v. 7).

DA VINHA, S. G. and R. C. PEREIRA. 1983. Produção de folhodo e sua sazonalida-

de em 10 especies arboreas nativas no Sul da Bahia. *Theobroma* 13 (4): 327-341.

DA VINHA, S. G., A. M. de CARBALHO e Luiz A. M. SILVA. 1985. Taxa de decomposição do folheto de dez especies de arvores nativas no sul de Bahia, Brasil. *Theobroma* 15 (4): 207-212.

DA VINHA, S. G. e D. E. V. P. LOBAO.

1989. Estação Ecológica Pau Brasil - Porto Seguro, Bahia. Centro de Pesquisas do Cacau. Itabuna. Bahia. Brasil. 41 pp.

YOUNG, A. 1989. Agroforestry for soil conservation. *Science and Practice of Agroforestry*. C.A.B. International and International Council for research in Agroforestry. Wallingford, UK. 276 pp.