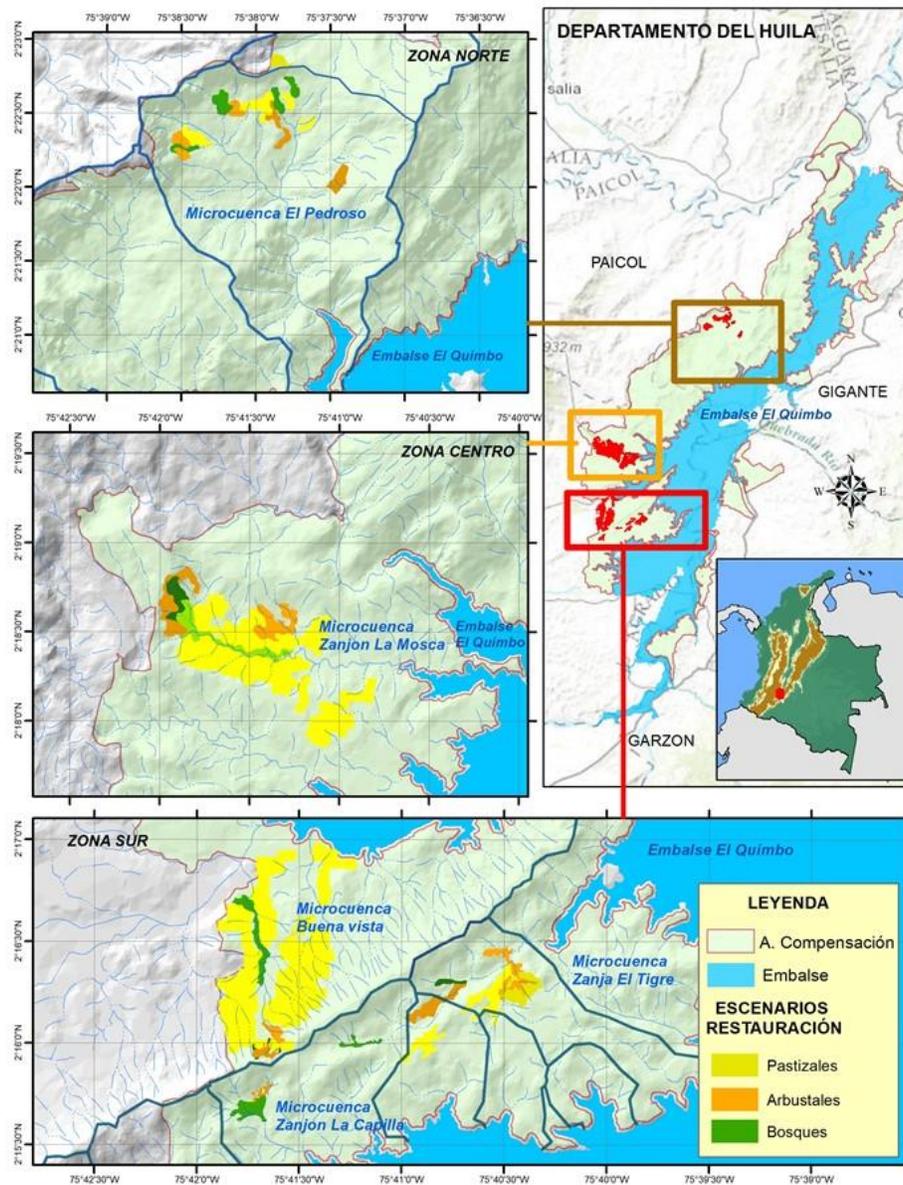


MATERIAL SUPLEMENTARIO

Citar este artículo como: Díaz-Triana JE, Torres-Rodríguez S, Muñoz-P L, Avella-M. A. 2019. Monitoreo de la restauración ecológica en un bosque seco tropical interandino (Huila, Colombia): programa y resultados preliminares. *Caldasia* 41(1):60–77. doi: 10.15446/caldasia.v41n1.71318.

Anexo 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio y escenarios de restauración ecológica.



*El área de estudio específica sobre el trabajo tratado en el manuscrito comprende la zona centro.

Anexo 2. Escenarios de restauración descritos para el área de estudio. Tomado y adaptado de Torres-Rodríguez *et al.* 2019.

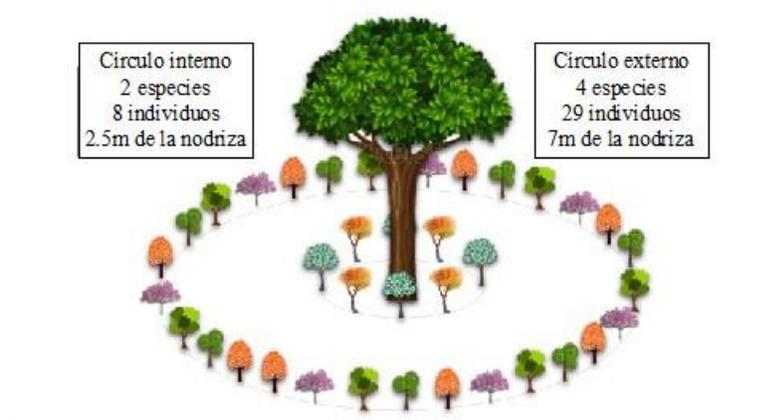
1. Escenarios de restauración en general	Geomorfología y Suelos
<p>Pastizales con tres escenarios de regeneración: i) abiertos dominados por gramíneas invasoras exóticas; ii) arbolados con <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam que han impulsado la regeneración bajo su dosel y iii) en regeneración con <i>Psidium guianensis</i> SW, varias especies de <i>Croton</i>, <i>Casearia corymbosa</i> Kunth, <i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby y <i>G. ulmifolia</i>. Los ubicados en la zona seca del sur, sobre pendientes fuertes, suelos muy rocosos y poco profundos son incapaces de soportar vegetación de gran porte y presentan individuos de <i>Zanthoxylum rigidum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd., <i>Guettarda malacophylla</i> Standl, <i>Bursera tomentosa</i> (Jacq.) Triana & Planch, <i>Cereus hexagonus</i> (L.) Mill y <i>Eugenia egensis</i> D.C. En la zona norte se encuentran herbazales naturales sobre afloramientos rocosos, suelos pedregosos, en colinas con pendientes muy fuertes con <i>Bothriochloa saccharoides</i> (Sw.) Rydb, <i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. & Merr, <i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv, <i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeckeler e <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf asociadas con <i>Croton leptostachyus</i> Kunth, <i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth. & Oerst, <i>Byrsonima crassifolia</i> Steud, <i>Puya floccosa</i> (Linden) E. Morren ex Mez, <i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze, <i>Miconia</i> cf. <i>stenostachya</i> y una nueva especie de Bromelia (<i>Pitcairnia huilensis</i> Betancur & N.D. Jiménez E.) endémica para la región.</p>	<p>En las tres zonas se observan tipos de relieve de lomas, glacis de acumulación, lomeríos, terrazas aluviales y planos de inundación de ríos o quebradas. Se determinaron 17 unidades de suelos, para este escenario se observan suelos de los órdenes Inceptisol y Molisol. La acidez por pH o por aluminio intercambiable, la textura y sus modificadores, la profundidad del horizonte superficial son las propiedades principales que generan limitaciones en los suelos.</p>
<p>Arbustales: presentan cuatro estratos, donde domina el estrato arbustivo con una cobertura relativa de 35 % seguido por el de arbolitos con 25 %. Las especies dominantes son <i>G. ulmifolia</i> (32 %), <i>E. egensis</i> (21 %), <i>Croton hibiscifolius</i> Kunth ex Spreng (21 %), <i>Calliandra tolimensis</i> Taub (18 %) y <i>Z. rigidum</i> (16 %). En las zonas con mayor pendiente el estrato arbustivo presenta una mayor cobertura relativa (40 %) con <i>C. hibiscifolius</i> (46 %), <i>G. ulmifolia</i> (33 %) y <i>Aspidosperma cuspa</i> (Kunth) S.F. Blake ex Pittier (18 %). Pueden dividirse en dos tipos: i) arbustales abiertos con agrupaciones de <i>G. ulmifolia</i>, <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham, <i>Sapindus saponaria</i> L y <i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud, importantes en la regeneración natural bajo su dosel e interrumpidos por pastizales y ii) arbustales cerrados con especies típicas de un avance sucesional importante como <i>Machaerium capote</i> Triana ex Dugand, <i>Trichilia hirta</i> L, <i>Simira cordifolia</i> (Hook. f.) Steyerl y <i>Pseudobombax septenatum</i> (Jacq.) Dugand, con poco desarrollo de estratos arbóreos.</p>	<p>Escenarios presentes en tipos de relieve como barras homoclinales, crestón estructural, cuestras, espinazo estructural, lomas y terrazas disectadas o con procesos erosivos, los principales suelos son los entisoles, inceptisoles y grupos indiferenciados con abundancia de afloramientos rocosos. Suelos poco evolucionados limitando el desarrollo vegetativo en la zona sur.</p>
<p>Bosques: domina el estrato arbolitos (51 %), seguido del estrato arbóreo inferior (30 %) y el estrato arbustivo (16 %), con pocos individuos en el estrato arbóreo superior. En pendientes leves dominaron <i>Casearia praecox</i> Griseb (20 %), <i>Guadua angustifolia</i> Kunth (12 %) y <i>P. septenatum</i> (10 %) y en pendiente fuerte <i>M. capote</i> (15 %), <i>Astronium graveolens</i> Jacq (12 %) y <i>P. septenatum</i> (8 %). Los bosques degradados conservan la composición (<i>S. cordifolia</i>, <i>A. graveolens</i>, <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer y <i>C. praecox</i>) y la estructura de un bosque típico. En los bosques conservados se encontró <i>Cedrela odorata</i> Ruiz & Pav, <i>Hymenaea courbaril</i> L, <i>Ficus dugandii</i> Standl, <i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth) Harms y <i>Genipa americana</i> L.; además de especies con poblaciones diezmadadas como <i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr, <i>C. odorata</i>, <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC y <i>Platymiscium pinnatum</i> (Jacq.) Dugand, entre otras; y otras especies casi extintas a nivel local como <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn, <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb, <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg, <i>Zygia longifolia</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose, <i>Crataeva tapia</i> L y <i>Capparis amplissima</i> Lam.</p>	<p>Bosques asociados a vallecitos coluvio aluviales, terrazas disectadas, lomeríos y crestones homoclinales en zonas aferentes de caños o quebradas. Suelos de los grupos entisol, inceptisol y molisol, los cuales presentan erosión hídrica laminar o en surcos y socavación hídrica. Son superficiales a profundos, bien drenados y los Entisoles son Arenosos, los Inceptisoles son Franco Arenosos y los molisoles son texturas franco arcillosas, hay presencia en superficie y en el perfil de gravilla a Guijarros.</p>

2. Escenarios de restauración para tres estrategias de restauración seleccionadas		
Estrategia	Descripción de escenario	Estado de degradación
Siembras bajo nodrizas aisladas en pastizales arbolados	Los pastizales arbolados corresponden a pastizales dominados por una matriz de gramíneas exóticas invasoras como <i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees), <i>Aristida gibbosa</i> (Nees) Kunth, <i>Andropogon bicornis</i> Forssk, <i>Andropogon fastigiatus</i> Sw, <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf y <i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeckeler y con individuos arbóreos dispersos dejados allí por los antiguos propietarios para dar sombra al ganado. Se registraron 839 individuos nodriza pertenecientes a 18 especies con altura mayor a 5 m y diámetro de copa mayor a 3m. La especie más abundante es <i>Guazuma ulmifolia</i> con 660 individuos (77%), seguido por <i>Casearia praecox</i> con 37 y <i>Maclura tinctoria</i> con 21. La especie con la mayor altura promedio es <i>Genipa americana</i> con 20 m con un solo individuo, seguida por <i>Spondias mombin</i> (16,5 m) con 14 individuos y <i>Casearia praecox</i> (13m).	Moderadamente alto
Siembra bajo agrupaciones de nodrizas en transición pastizal-arbustal	En la transición a arbustales domina la matriz de gramíneas exóticas invasoras, pero se presentan agrupaciones de árboles con potencial facilitador. Se identificaron 298 individuos agrupados como nodriza entre 3-15 m de altura correspondientes a 9 especies (<i>Pseudosamanea guachapele</i> , <i>Chloroleucon mangense</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Machaerium capote</i> , <i>Sapindus saponaria</i> , <i>Triplaris cummingiana</i> , <i>Astronium graveolens</i> , <i>Maclura tinctoria</i> y <i>Senna spectabilis</i>). Domina <i>Guazuma ulmifolia</i> con 279 individuos, seguido por <i>Machaerium capote</i> y <i>Sapindus saponaria</i> con 6 individuos cada uno.	Intermedio
Enriquecimiento en bosques	En los Bosques domina el estrato arbolitos (51 %), seguido del estrato arbóreo inferior (30 %) y el estrato arbustivo (16 %), con pocos individuos en el estrato arbóreo superior. En pendientes leves dominaron <i>Casearia praecox</i> (20 %), <i>Guadua angustifolia</i> (12 %) y <i>P. septenatum</i> (10 %) y en pendiente fuerte <i>M. capote</i> (15 %), <i>Astronium graveolens</i> (12 %) y <i>P. septenatum</i> (8 %). Los bosques degradados conservan la composición (<i>S. cordifolia</i> , <i>A. graveolens</i> , <i>Guarea guidonia</i> y <i>C. praecox</i>) y la estructura de un bosque típico. En los bosques conservados se encontró <i>Cedrela odorata</i> , <i>Hymenaea courbaril</i> , <i>Ficus dugandii</i> Standl, <i>Pseudosamanea guachapele</i> y <i>Genipa americana</i> L.; además de especies con poblaciones diezmadas como <i>Samanea saman</i> , <i>C. odorata</i> , <i>Tabebuia rosea</i> y <i>Platymiscium pinnatum</i> , entre otras; y otras especies casi extintas a nivel local como <i>Ceiba pentandra</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Bursera simaruba</i> , <i>Zygia longifolia</i> , <i>Crataeva tapia</i> y <i>Capparis amplissima</i> .	Bajo

Anexo 3. Modelos de arreglos florísticos de estrategias de restauración implementadas y seleccionadas para resultados preliminares de efectividad ecológica.

Siembra bajo nodrizas aisladas.

Modelo de siembra con especies sembradas intercaladas

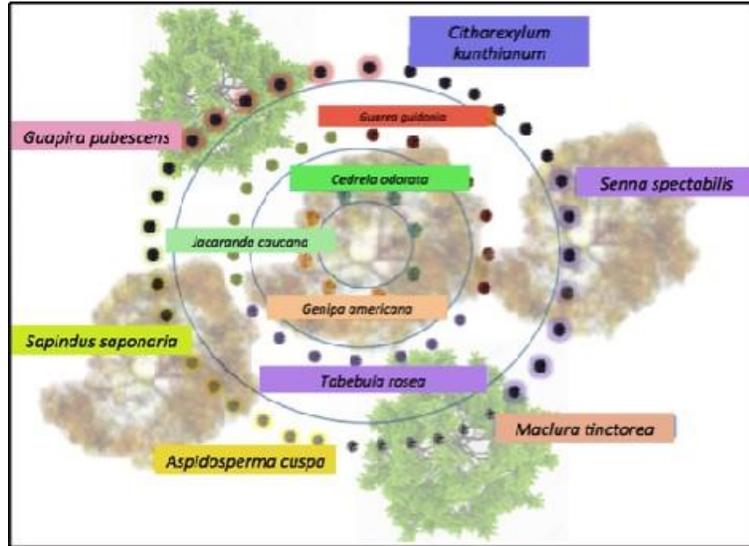


Especies círculo interno: *Hymenaea courbaril* y *Tabebuia rosea*. **Especies círculo externo:** *Pseudosamanea guachapele*, *Casearia corymbosa*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Senna spectabilis*.

Fotografías implementación nodrizas aisladas.



Siembra bajo nodrizas agrupadas.



Especies círculo interno: *Cedrela odorata*, *Casearia corymbosa*, *Hymenaea courbaril*, *Pseudosamanea guachapele*, **Especies círculo intermedio:** *Ceiba pentandra*, *Celtis iguanaea*, *E. cyclocarpum*, *Guapira pubescens*, *Guarea guidonia* y *Maclura tinctoria*. **Especies círculo externo:** *Pseudosamanea guachapele*, *Ceiba pentandra*, *Celtis iguanaea*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Guapira pubescens*, *Jacaranda caucana*, *Randia armata*, *Sapindus saponaria*, *Senna spectabilis*, *Spondias mombin*.

Fotografías implementación nodrizas agrupadas

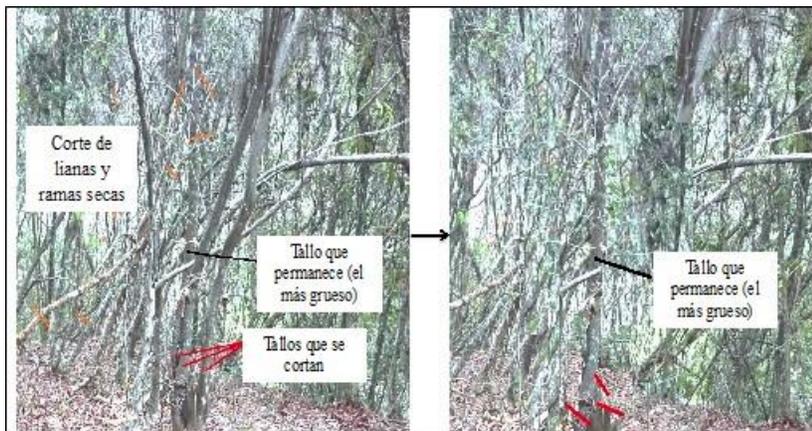


Bosques.

Manejo de renuevos

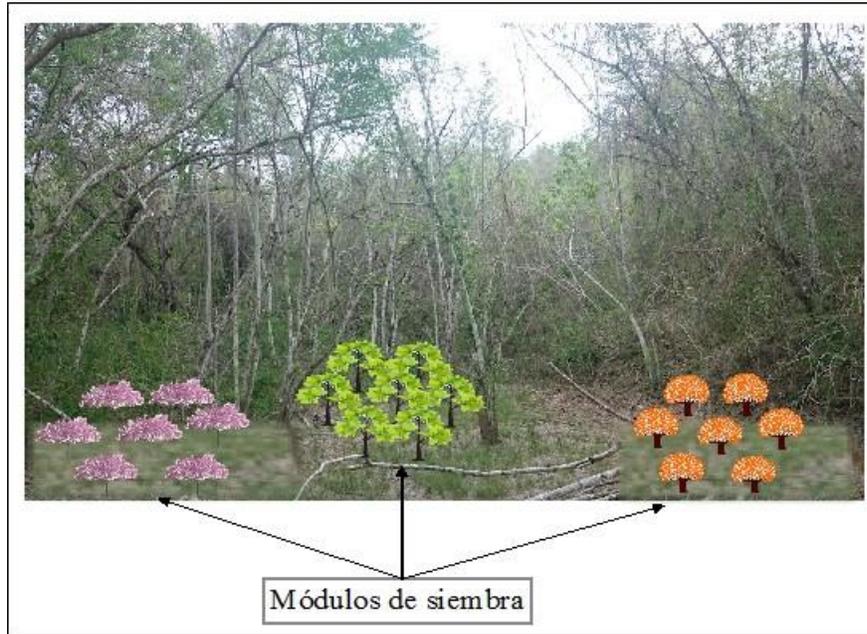


Corte de ramas secas y manejo de renuevos.



Ejemplo de manejo de renuevos y corte de lianas.

Siembra al interior de bosques.



Especies: *Albizia saman*, *Amyris pinnata*, *Anacardium excelsum*, *Astronium graveolens*, *Attalea butyracea*, *Cedrela odorata*, *Ceiba pentandra*, *Cinnamomum triplinerve*, *Guarea guidonia*, *Hymenaea courbaril*, *Pseudobombax septenatum*, *Tabebuia rosea*, *Trichantera gigantea*, *Triplaris cummingiana* y *Zygia longifolia*.

Fotografías de implementación enriquecimiento en bosques.



Anexo 4. Metas y objetivos de restauración redefinidos para el programa de monitoreo del proceso de restauración iniciado con el proyecto piloto.

METAS	OBJETIVOS DE RESTAURACIÓN (CORTO PLAZO)
Rehabilitar (restaurar) pastizales degradados históricamente por actividades agropecuarias para recuperar parcialmente la composición, estructura y algunas funciones de la fase sucesional arbustiva a corto plazo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. En dos años y medio establecer tres tipos de estrategias de nucleación consistentes en arreglos florísticos con diferentes densidades, número de especies y grupos funcionales en 25 hectáreas degradadas con pastizales en la zona priorizada. 2. En dos años y medio establecer la estrategia de árboles nodrizas (nucleación por islas) consistente en la siembra bajo dosel de seis especies heliófitas y esciófitas parciales bajo el dosel de <i>Guazuma ulmifolia</i> en las 25 hectáreas degradadas con pastizales en la zona priorizada 3. En dos años y medio establecer las estrategias de restauración pasiva contrastantes con las estrategias de restauración activa en 25 hectáreas degradadas con pastizales en la zona priorizada.
Aumentar la riqueza de especies de plantas arbustivas y arbóreas en arbustales abiertos y cerrados con degradación producida por actividades agropecuarias, para recuperar la composición y estructura del arbustal	<ol style="list-style-type: none"> 1. En dos años y medio establecer la estrategia de enriquecimiento consistente en la introducción de módulos de siembra especies con rasgos de historia de vida diferentes en 3,5 hectáreas de arbustales cerrados. 2. En dos años y medio establecer la estrategia de introducción de especies arbustivas y arbóreas consistente en siembras de arreglos florísticos concéntricos bajo el dosel árboles nodriza agrupados en 11 hectáreas de arbustales abiertos. 3. En dos años y medio establecer la estrategia de restauración pasiva contrastante con la estrategia de introducción de especies arbustivas y arbóreas establecida en arbustales abiertos.
Aumentar la riqueza de especies de plantas arbustivas y arbóreas en bosques de ribera remanentes, para recuperar la composición y estructura del sotobosque y el borde del bosque.	<ol style="list-style-type: none"> 1. En dos años y medio establecer la estrategia de enriquecimiento consistente en la introducción de módulos de siembra especies con rasgos de historia de vida diferentes al interior de bosque de ribera en 10 hectáreas. 2. En dos años y medio establecer la estrategia de ampliación de borde del bosque consistente en siembras de arreglos florísticos lineales en la interfase con la matriz de pastizal, a lo largo del perímetro del área de bosque de ribera.

Anexo 5. Unidades de implementación y monitoreo (respuesta) para el seguimiento o evaluación de la efectividad ecológica de estrategias de restauración implementadas en el área de estudio.

ESTRATEGIAS	UNIDAD	TAMAÑO UNIDAD	No. MÍNIMO RÉPLICAS	DISTANCIA LINEAL MÍNIMA ENTRE UNIDADES*	DISTRIBUCIÓN EN EL ÁREA
Nucleación en pastizales abiertos	Parcela cuadrada	Grandes: 32 x 32 m Pequeñas: 10 x 10 m	25	32 m	Sistemática desde un punto al azar
Siembras bajo árboles nodriza (aislados y agrupaciones)	Parcela circular	7 - 10 m diámetro	30	10 m	A conveniencia - sistemática
Enriquecimiento en bosques y arbustales	Módulo hexagonal	1,5 m diámetro	15 por especie	3 m	Aleatoria
Ampliación de borde	Parcela rectangular	10 x 15 m	40	10 m	Sistemática
Restauración espontánea	Todas las anteriores con excepción de módulos de enriquecimiento en bosque y arbustales.				

*Distancia comprendida entre perímetros de parcelas.

Anexo 6. Tasas de crecimiento neto en altura y DAB en un año, de las especies sembradas en las tres estrategias de restauración seleccionadas para la presentación de resultados preliminares.

Estrategia	Especie	Tasa de crecimiento	
		Altura (cm/mes)	DAB (mm/mes)
Nodrizas aisladas	<i>Casearia corymbosa</i>	2,99	0,44
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	5,41	0,85
	<i>Hymenaea courbaril</i>	0,17	0,19
	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	3,08	0,47
	<i>Senna spectabilis</i>	11,03	1,51
	<i>Tabebuia rosea</i>	2,89	0,55
Nodrizas agrupadas (siembra intercalada)	<i>Casearia corymbosa</i>	3,51	0,30
	<i>Cedrela odorata</i>	5,81	1,55
	<i>Ceiba pentandra</i>	14,56	2,63
	<i>Celtis iguanaea</i>	13,2	0,69
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	4,65	0,65
	<i>Guapira pubescens</i>	5,14	0,62
	<i>Jacaranda caucana</i>	11,38	1,20
	<i>Maclura tinctoria</i>	11,7	1,12
	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	4,47	0,74
	<i>Randia armata</i>	1,63	0,20
	<i>Sapindus saponaria</i>	3,33	0,51
Nodrizas agrupadas (siembra sectorizada)	<i>Ceiba pentandra</i>	10,41	2,41
	<i>Celtis iguanaea</i>	11,03	1,00
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	3,56	0,71
	<i>Guapira pubescens</i>	4,51	0,68
	<i>Guarea guidonia</i>	4,26	0,63
	<i>Hymenaea courbaril</i>	0,88	0,92
	<i>Maclura tinctoria</i>	11,25	1,40
	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	2,20	0,56
	<i>Sapindus saponaria</i>	2,64	0,47
	<i>Senna spectabilis</i>	12,43	1,69
<i>Spondias mombin</i>	10,46	1,81	

Estrategia	Especie	Tasa de crecimiento	
		Altura (cm/mes)	DAB (mm/mes)
Enriquecimiento en bosque	<i>Albizia saman</i>	6,56	0,50
	<i>Amyris pinnata</i>	3,28	0,25
	<i>Anacardium excelsum</i>	1,63	0,40
	<i>Astronium graveolens</i>	3,78	0,32
	<i>Attalea butyracea</i>	4,62	N/A
	<i>Cedrela odorata</i>	2,55	0,65
	<i>Ceiba pentandra</i>	7,59	1,52
	<i>Cinamomun triplinerve</i>	0,43	0,22
	<i>Guarea guidonia</i>	1,10	0,15
	<i>Hymenaea courbaril</i>	-0,41	0,14
	<i>Pseudobombax septenatum</i>	3,82	0,41
	<i>Tabebuia rosea</i>	1,68	0,15
	<i>Trichantera gigantea</i>	0,99	-0,05
	<i>Triplaris cummingiana</i>	5,48	0,3
	<i>Zygia longifolia</i>	0,25	0,05