

# CAPÍTULO 5 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE ANDINO EN LA VEREDA MONSERRATE (SABANALARGA, CASANARE): DIAGNÓSTICO Y DISEÑO



**Jeison Adrián Olaya-Angarita<sup>1</sup>, William Javier Bravo-Pedraza<sup>1</sup>, Judier Karely Melgarejo-Colmenares<sup>1</sup>, Diana Patricia Caro-Melgarejo<sup>1-2</sup>, Oscar Felipe Moreno-Mancilla<sup>1</sup>, Andrés Leonardo Ovalle-Pacheco<sup>1</sup>, Javier Andrés Muñoz-Avila<sup>1-2</sup>, Andrés Felipe Morales-Alba<sup>1-2</sup>, John Edison Reyes Camargo<sup>1</sup>, Wilderson Medina<sup>1</sup>, Gerson Peñuela-Díaz<sup>3</sup>, David Ricardo Hernández-Velandia<sup>1-2</sup>, Mauricio Gámez Rodríguez<sup>4</sup>, Wilmer Mora Espitia<sup>4</sup>, Luis Fernando Prado-Castillo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Sistemática Biológica, Herbario UPTC, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

<sup>2</sup>Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

<sup>3</sup>eQualTravel

<sup>4</sup>Habitantes de la zona y apoyo en actividades de campo.

# ÁREA DE ESTUDIO

El piedemonte llanero se sitúa en la base oriental de la cordillera Oriental, es una estrecha franja ubicada entre 200 y 1000 m de altitud, con temperaturas medias de 23 a 30°C y un régimen de lluvias biestacional con 3500 a 4500 mm/año (IGAC, 1992); geográficamente, comienza al norte en el Río Arauca y termina al sur en la serranía de La Macarena, y corresponde a las franjas occidentales de los departamentos de Meta, Casanare, Arauca y parte del sector oriental de Cundinamarca y Boyacá.

Históricamente, el piedemonte ha sido asentamiento de comunidades indígenas y de las primeras poblaciones de corte hispano en la región; en la actualidad, es el sector más habitado de los llanos orientales de Colombia. Según el CORPES (1990): Villavicencio, Yopal, Tame, Saravena, Villanueva, Aguazul y Granada, son municipios que ejemplifican la urbanización acelerada en un área que coincide con algunos de los más grandes reservorios petrolíferos. Es la existencia de estas importantes reservas de hidrocarburos, una de las principales causas del desarrollo de la región, al igual que uno de los principales agentes de cambio y generador de conflictos socioambientales.

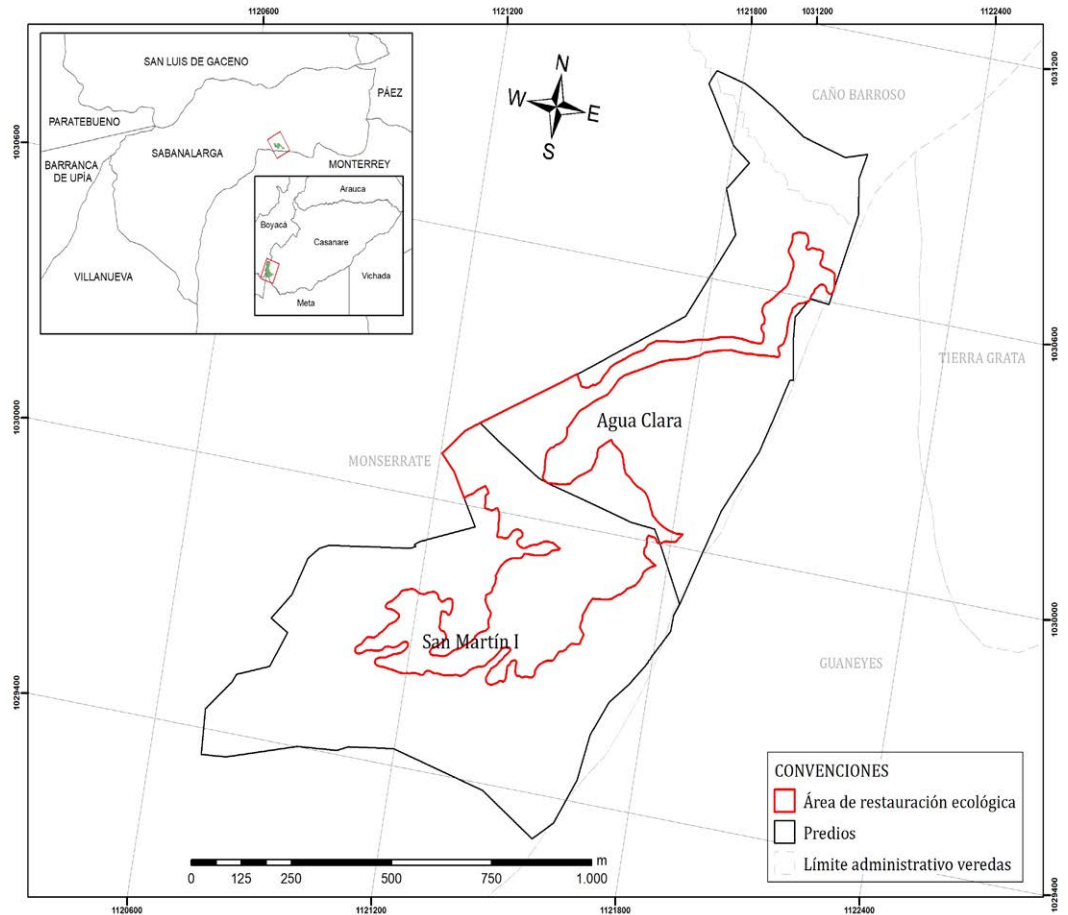
Adicionalmente, este hábitat es más fértil y presenta amplia precipitación durante la época seca que los llanos, razón por la que sus bosques son más densos y tienen mayor diversidad en comparación con los bosques de galería, además de contar con especies endémicas, principalmente del grupo de los mamíferos (Fajardo et al., 1998).

El departamento del Casanare tiene una extensión de 44640 km<sup>2</sup> (3,91% del territorio nacional) y se encuentra entre los 4°17'25" y 6°20'45" N, y 69°50'22" y 73°04'33" W (Gobernación de Casanare, 2018).

El municipio de Sabanalarga se ubica al suroccidente de Casanare, limita al norte con Monterrey y Páez (Boyacá), al sur con Villanueva y Barranca de Upía (Meta),

al oriente con Monterrey, y al occidente con San Luis de Gaceno (Boyacá) (Alcaldía Municipal de Sabanalarga, 2018). Se encuentra sobre una meseta al este de la cordillera Oriental y hace parte de una red hídrica de 14 microcuencas, en una zona tectónicamente activa considerada de alta sismicidad (Alcaldía Municipal de Sabanalarga, 2019).

En la Figura 1., se presenta el área definida en la vereda Monserrate (4°51'15" N y 73°02'39" W) donde se ejecutan las acciones de restauración, en 25 ha que correspondían a bosque subandino, y fueron áreas altamente degradadas por ampliación de la frontera agropecuaria y plantaciones de especies forestales exóticas; luego del abandono, arribaron gramíneas exóticas y dominaron extensas áreas, y se observa en menor proporción, vegetación nativa del tipo matorrales y rastrojos.



**Figura 1.** Ubicación de las 25 ha en proceso de restauración ecológica, en el municipio de Sabanalarga, Casanare, zonal rural del municipio, en las veredas Monserrate, particularmente, en las áreas denominadas: San Martín I y Agua Clara. La línea roja delimita el perímetro de las 25 ha en proceso de restauración.

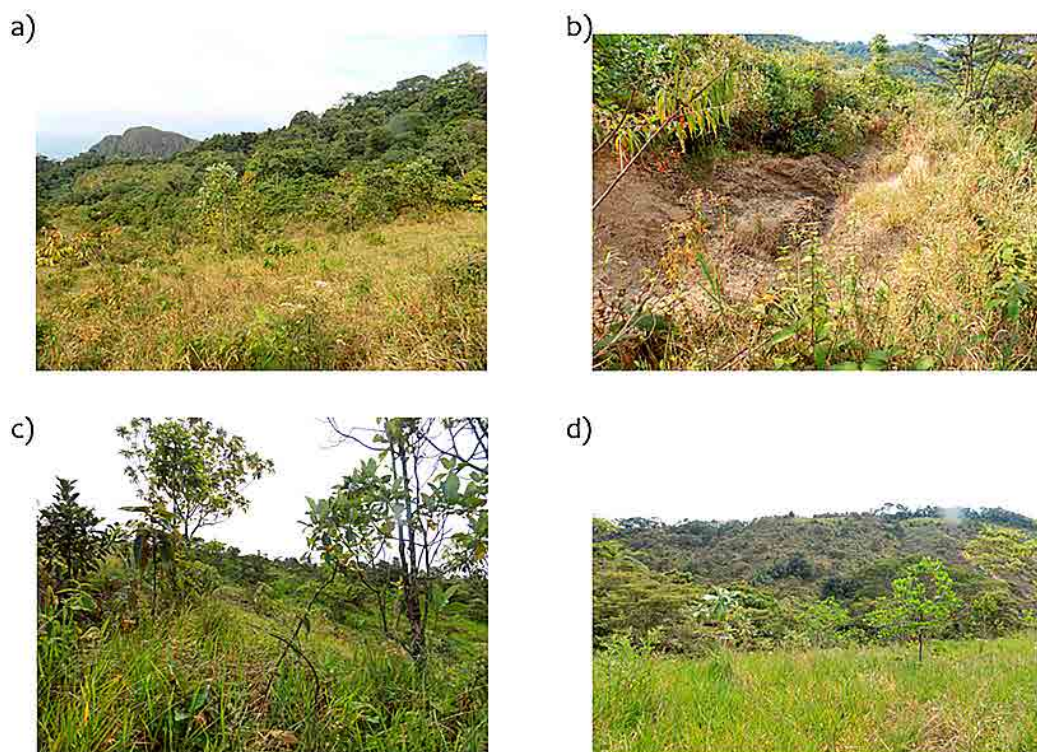
# DIAGNÓSTICO

## COMPONENTE ECOLÓGICO

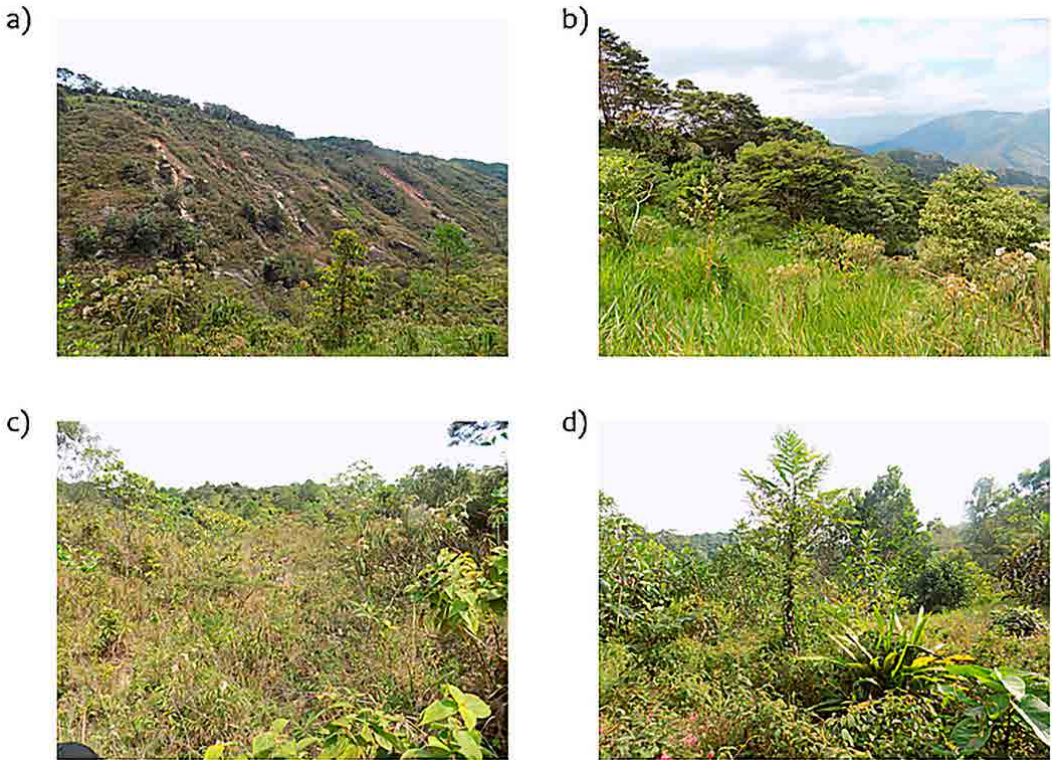
### Flora

En las 25 ha intervenidas se evidenció una matriz dominante de pastizales con especies de etapas del bosque subandino y de plantaciones de especies forestales nativas y exóticas abandonadas (Figs. 2 y 3). De acuerdo con las características biofísicas, se identificaron las áreas de restauración teniendo en cuenta servicios ecosistémicos como biodiversidad y regulación hídrica.

Para el área de estudio se consideraron situaciones de manejo definidas tres fuentes de información: a) las comunidades locales en referencia a los conflictos socioambientales y el régimen de disturbio; b) la Alcaldía Municipal sobre desafíos y retos para abordar la conservación de la estructura ecológica municipal, y c) la generación de información primaria de línea de base.



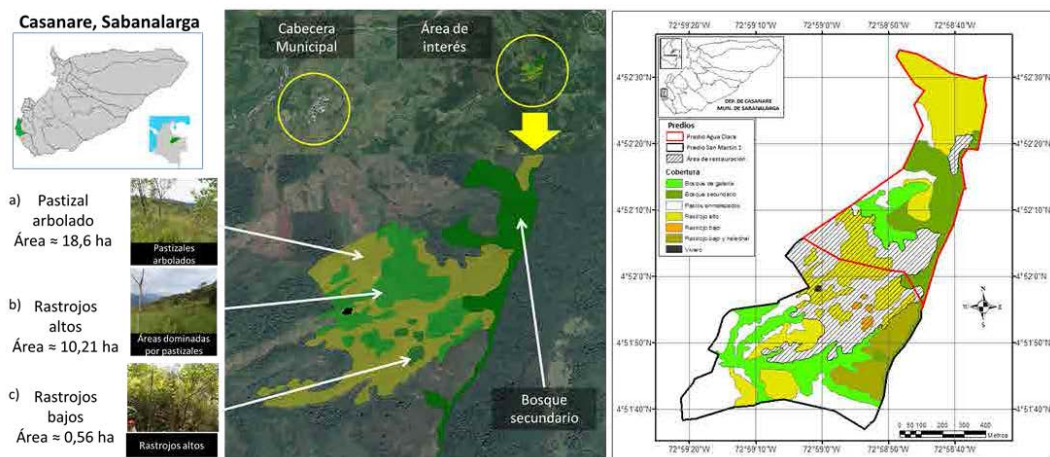
**Figura 2.** Aspectos relevantes del área intervenida. **a)** Bordes de avance de bosque subandino secundario sobre pastizales abandonados; **b)** Procesos de erosión hídrica; **c)** Núcleos de regeneración natural sobre pastizales; **d)** Plantaciones de especies forestales exóticas y nativas sobre pastizales sin manejo reciente.



**Figura 3.** Aspectos relevantes del área intervenida. **a)** Zonas de ronda hídrica muy escarpadas con baja densidad de cobertura forestal y con evidencias de derrumbes periódicos; **b)** Bordes de avance con plantaciones forestales sin manejo reciente; **c)** Rastrojos bajos y abiertos; **d)** Presencia de especies exóticas en todos los estratos (herbáceas, gramíneas, enredaderas y árboles).

En el área de restauración se identificaron cinco prioridades: 1) la ganadería intensiva y actividades culturales asociadas; 2) el establecimiento de especies de gramíneas exóticas con potencial invasor; 3) la necesidad de fortalecer la relación gente-medio natural; 4) la necesidad de posicionar al área en su función ecológica y al papel de la educación ambiental, y 5) los vacíos de conocimiento sobre los atributos de la biodiversidad y los procesos que hacen parte de estos ecosistemas.

A partir de la zonificación ecológica del área de interés (Fig. 4), se seleccionaron como áreas prioritarias los pastizales abandonados, sectores de bosque ripario, y rastrojos altos y bajos.



**Figura 4.** Tipos de coberturas en áreas de interés. **a)** Zonas de pastoreo abandonadas y colonización de especies de bosque subandino; **b)** Zonas de pastoreo con abandono tardío y rastrojos; **c)** Zonas de pastoreo con abandono temprano y rastrojos abiertos/bajos. Se observan referencias ecológicas más avanzadas como es el bosque secundario.

Según leyenda nacional de coberturas de la tierra (IDEAM, 2010), soporte en la verificación de campo (para delimitación de coberturas, escala 1:1), las coberturas caracterizadas correspondieron a las siguientes designaciones:

- **Bosque abierto alto de tierra firme (CLC: 31211):** correspondió a los bosques secundarios según IDEAM (2010), coberturas constituidas por árboles de distribución regular, con formación de un dosel continuo y alturas hasta de 15 m.

*Características fisionómicas:* comunidad conformada por vegetación leñosa de hasta 22 m, con coberturas hasta de 150 m<sup>2</sup>; el terreno caracterizado cuenta con pendientes entre los 25-45°, luminosidad 20% y espesor de materia orgánica entre 25-50 cm.

*Composición y riqueza:* la riqueza es de 60 especies, en 44 géneros y 28 familias. Familias representativas por riqueza son: Lauraceae (4 géneros/ 9 especies), Clusiaceae (4/6), Rubiaceae (3/5), Bromeliaceae (3/4), entre otras; las 12 familias más ricas incluyen el 64% de los géneros y el 73% de las especies, mientras que, los 10 restantes están representados con una especie (28%).

- **Bosque de galería (CLC: 314):** correspondió al tipo fisionómico de bosque asociado a las quebradas presentes en las áreas de Aguaclara y San Martín I; según IDEAM (2010), es una cobertura constituida por vegetación arbórea ubicada en márgenes de cursos de agua permanentes o temporales.

*Características fisionómicas:* comunidad conformada por vegetación leñosa de hasta 22 m, con coberturas hasta de 120 m<sup>2</sup>; el terreno caracterizado cuenta con

pendientes de 10-35°, luminosidad hasta 25% y espesor de materia orgánica entre 10-60 cm.

*Composición y riqueza:* la riqueza es de 56 especies, en 41 géneros y 29 familias, con representación de riqueza de, Rubiaceae (4 géneros/ 7 especies), Myrtaceae (5/6), Lauraceae (2/5), Cecropiaceae (2/3), entre otras; las 11 familias más ricas incluyen el 56% de los géneros y el 68% de las especies, los 18 restantes están representadas con una especie (32%).

- **Vegetación secundaria o en transición (CLC: 323):** correspondió al tipo fisionómico de arbustal alto y bajo (rastros); según IDEAM (2010), es originada por el proceso de sucesión secundaria posterior al abandono de las áreas productivas.

*Características fisionómicas:* comunidad conformada por vegetación herbácea de hasta 2,4 m, con pocos individuos entre 3-12 m; el terreno caracterizado cuenta con pendientes entre 15-30°, luminosidad de 100% y sin materia orgánica.

*Composición y riqueza:* la riqueza es de 62 especies, en 55 géneros y 29 familias, con Cyperaceae (5 géneros/ 8 especies), Poaceae (5/7), Asteraceae (6/6), Melastomataceae (4/4), entre otras; las 11 familias más ricas, incluyen el 67% de los géneros y el 71% de las especies, el 29% de las especies conformaron las familias restantes.

## Fauna

- **Entomofauna**

Los insectos son artrópodos con una gran diversidad, representan aproximadamente el 85% de las especies animales vivientes y juegan un importante rol en las dinámicas ecológicas, debido a que ocupan todos los hábitats terrestres, incluyendo los ecosistemas de aguas continentales (Wahlberg et al., 2006). Además, la importancia funcional de los insectos es enorme, pues la gran variedad de relaciones intra e interespecíficas que presentan, les permiten interactuar con su entorno de distintas maneras, siendo parte fundamental, para el entendimiento de cualquier ecosistema; en este aparte se estudiaron los escarabajos coprófagos, las mariposas y las hormigas.

### *Escarabajos coprófagos*

Debido a que muchas especies de escarabajos coprófagos dependen de bosques nativos, sus comunidades son altamente vulnerables a la fragmentación y transformación de los hábitats naturales (Nichols et al., 2007; Gardner et al., 2008). Por lo tanto, han sido ampliamente estudiados como indicadores ecológicos de disturbios antrópicos (Nichols et al., 2007) y, recientemente, han sido propuestos como un grupo clave en el monitoreo de procesos de restauración ecológica debido a que su diversidad puede evidenciar un acercamiento a las características naturales del ecosistema que se quiere restaurar y con la diversidad de vertebrados, lo

que refleja procesos de colonización, abandono o uso de las nuevas coberturas por parte de estos últimos (Nichols et al., 2007, 2008).

*Composición y riqueza:* se recolectaron 36 especies (3578 individuos). Las especies que se encontraron en las cuatro coberturas muestreadas fueron: *Coprophanaeus telamón*, *Onthophagus* O8H / sp. 1, *Onthophagus bidentatus* y *Uroxys* aff. *braquialis*. Los géneros *Canthidium* y *Dichotomius* presentaron la mayor riqueza con seis especies cada uno; sin embargo, la abundancia de *Canthidium* fue mayor, donde *Canthidium* sp. 23H, se puede considerar como la especie dominante para el diagnóstico. Especies como *Canthidium* sp. 7, *Canthidium* sp. 8, *Dichotomius deyrollei*, *Dichotomius mamillatus*, *Eurysternus foedus* y *Sulcophanaeus auricollis* pueden considerarse como especies raras, debido a sus bajas abundancias respecto a las demás especies (Tabla 1).

**Tabla 1.** Abundancia de especies de escarabajos para las coberturas vegetales, en el área San Martín durante la fase Diagnóstico (T=0). **B1:** Bosque de Palma; **B2:** Bosque Secundario; **BR:** Bosque Ripario; **P:** Pastizal Enmalezado.

Especie	B1	B2	BR	P	Total
<i>Ateuchus</i> sp. 1	0	0	18	0	18
<i>Canthidium</i> sp. 23 H	359	464	457	0	1280
<i>Canthidium</i> sp. 27 H	105	142	29	0	276
<i>Canthidium</i> sp. 3	9	44	17	0	70
<i>Canthidium</i> sp. 5	25	3	8	0	36
<i>Canthidium</i> sp. 7	0	2	0	0	2
<i>Canthidium</i> sp. 8	3	0	1	0	4
<i>Canthon</i> aff. <i>cyaneus</i>	2	0	0	11	13
<i>Canthon angustatus</i>	7	1	52	0	60
<i>Canthon</i> sp. 1	19	26	62	0	107
<i>Coprophanaeus telamon</i>	1	22	14	24	61
<i>Deltochilum</i> sp. 1	13	7	14	0	34
<i>Deltochilum</i> sp. 2	4	9	16	0	29
<i>Dichotomius boreus</i>	0	0	12	0	12
<i>Dichotomius compresicollis</i>	3	0	32	0	35
<i>Dichotomius deyrollei</i>	0	0	0	2	2
<i>Dichotomius mamillatus</i>	0	2	1	0	3
<i>Dichotomius protectus</i>	20	52	0	0	72
<i>Dichotomius</i> sp. 1	6	10	3	0	19
<i>Eurysternus</i> aff. <i>contractus</i>	4	3	2	0	9
<i>Eurysternus caribaeus</i>	24	11	31	0	66
<i>Eurysternus foedus</i>	0	2	3	0	5
<i>Ontherus</i> aff. <i>diabolicus</i>	3	3	39	0	45
<i>Ontherus</i> aff. <i>kirschii</i>	26	11	0	1	38
<i>Onthophagus</i> O8H / sp. 1	34	9	313	1	357
<i>Onthophagus bidentatus</i>	7	14	143	3	167



Especie	B1	B2	BR	P	Total
<i>Onthophagus curvicornis</i>	12	17	1	3	33
<i>Onthophagus rubescens</i>	10	1	127	0	138
<i>Onthophagus sp._nov</i>	2	6	0	17	25
<i>Phanaeus cambeforti</i>	1	6	6	0	13
<i>Phanaeus meleagris</i>	56	32	0	0	88
<i>Scybalocanthon aff. kelleri</i>	7	11	0	0	18
<i>Sulcophanaeus auricollis</i>	1	0	1	0	2
<i>Uroxys aff. braquialis</i>	41	58	162	3	264
<i>Uroxys aff. cuprescens</i>	48	47	82	0	177
Total	<b>852</b>	<b>1015</b>	<b>1646</b>	<b>65</b>	<b>3578</b>

### Mariposas

El orden Lepidoptera representa el segundo orden con más especies dentro de los insectos. Las mariposas son componentes fundamentales de su hábitat, debido al papel relevante que cumplen en la transformación de materia vegetal y animal.

*Composición y riqueza:* se recolectaron 77 especies (159 individuos), y la especie más representativa fue *Heliconius erato hydara*, seguida de *Hermeuptychia harmonia*. Por otro lado, las coberturas con menor abundancia fueron el bosque y el pastizal (Tabla 2).

**Tabla 2.** Abundancia de especies de mariposas para las coberturas vegetales, en el área de San Martín 1 durante la fase Diagnóstico (T=0). **B1:** Bosque de Palma; **B2:** Bosque Secundario; **BR:** Bosque Ripario; **PE:** Pastizal Enmalezado.

Especie	B1	B2	BR	PE	Total
<i>Adelpha cytherea</i>	0	2	0	0	2
<i>Adelpha irmina tumida</i>	0	1	0	0	1
<i>Altinote stratomice stratonice</i>	0	0	1	0	1
<i>Autochton longipennis</i>	0	0	0	1	1
<i>Caligo prometheus prometheus</i>	1	2	1	0	4
<i>Callimormus sp. 1</i>	0	0	1	0	1
<i>Catonephele numilia esite</i>	1	0	0	0	1
<i>Catonephele salambria</i>	2	0	0	0	2
<i>Cissia penelope</i>	2	1	1	0	4
<i>Cupido comyntas</i>	0	0	0	1	1
<i>Danaus gilippus</i>	0	0	0	1	1
<i>Dismorphia crisis</i>	0	4	0	0	4
<i>Dryas iulia</i>	0	4	0	0	4
<i>Dyaetria clymena</i>	0	1	1	0	2
<i>Dynamine athemon</i>	0	0	2	0	2

<b>Especie</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>BR</b>	<b>PE</b>	<b>Total</b>
<i>Dynamine theseus</i>	0	0	1	0	1
<i>Dynamine tithia</i>	0	0	1	0	1
<i>Emesis aurimna</i>	2	3	1	0	6
<i>Enantia Albania</i>	0	2	0	0	2
<i>Episcada polita</i>	2	1	1	0	4
<i>Eresia polina</i>	1	1	0	0	2
<i>Eurema daira lydia</i>	0	0	0	2	2
<i>Eurema sp. 1</i>	0	1	0	1	2
<i>Greta andromica</i>	1	3	0	0	4
<i>Hamadryas fornax</i>	0	2	0	0	2
<i>Hamadryas laodamia saurites</i>	0	0	1	0	1
<i>Heliconius erato hydara</i>	2	5	2	1	10
<i>Heliconius numata messene</i>	3	1	1	0	5
<i>Heraclides thoas nealces</i>	0	1	0	0	1
<i>Hermeuptychia harmonia</i>	0	7	0	0	7
<i>Hermeuptychia hermes</i>	1	1	1	0	3
<i>Hesperiinae sp. 2</i>	0	0	0	1	1
<i>Hesperiinae sp. 4</i>	0	2	0	0	2
<i>Hesperiinae sp. 1</i>	0	0	2	0	2
<i>Hesperiinae sp. 2</i>	0	1	0	0	1
<i>Hesperiinae sp. 3</i>	0	2	0	0	2
<i>Hyaliris coeno</i>	1	0	2	0	3
<i>Hypscada illinissa sinilia</i>	0	1	0	0	1
<i>Hypothyris sp. 1</i>	0	1	0	0	1
<i>Hypothyris sp. 2</i>	0	2	0	0	2
<i>Ithomia iphianassa alienassa</i>	0	1	0	0	1
<i>Lamasina draudti</i>	1	0	0	0	1
<i>Laothus gibberosa</i>	0	1	0	0	1
<i>Leucochimona icare</i>	1	1	0	0	2
<i>Lieinix nemesis nemesis</i>	0	1	0	0	1
<i>Magneuptychia alcinoe</i>	0	1	0	0	1
<i>Magneuptychia libye</i>	0	1	0	0	1
<i>Magneuptychia sp. 1</i>	0	1	0	0	1
<i>Manataria maculata</i>	1	0	0	0	1
<i>Mechanitis aff. mazaesus</i>	0	2	0	0	2
<i>Megeuptychia antonoe</i>	0	1	0	0	1
<i>Melinaea sp. 1</i>	1	0	0	0	1
<i>Memphis perenna</i>	0	3	0	0	3

<b>Especie</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>BR</b>	<b>PE</b>	<b>Total</b>
<i>Mesosemia machaera dealbata</i>	3	0	0	0	3
<i>Morpho menelaus</i>	0	3	0	0	3
<i>Morpho theseus</i>	0	1	0	0	1
<i>Opsiphanes camena</i>	0	1	0	0	1
<i>Oressinoma typhla typhla</i>	0	1	0	1	2
<i>Panthiades bitias</i>	0	1	0	0	1
<i>Pareuptychia ocirrhoe</i>	2	1	1	0	4
<i>Patia orise</i>	0	0	1	0	1
<i>Phoebis argante</i>	0	0	0	1	1
<i>Pierella lamia chalybaea</i>	0	0	3	0	3
<i>Potamanaxas</i> sp. 1	2	0	0	0	2
<i>Prepona Laertes</i>	0	1	0	0	1
<i>Pyrrhogyra crameri</i>	0	0	1	0	1
<i>Pyrrhogyra edocla</i>	0	0	0	1	1
<i>Pyrrhopyge phidias</i>	0	1	0	0	1
<i>Siproeta epaphus epaphus</i>	0	3	0	0	3
<i>Strymon colombiana</i>	0	1	0	0	1
<i>Theclopsis demea</i>	0	1	0	0	1
<i>Theritas mavors</i>	0	1	0	0	1
<i>Thestius pholeus</i>	0	0	1	0	1
<i>Urbanus dorantes dorantes</i>	0	3	1	0	4
<i>Urbanus teleus</i>	0	2	0	0	2
<i>Urbanus viterboana</i>	0	1	0	0	1
<i>Ypthimoides</i> sp. 1	0	2	0	1	3
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>89</b>	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>159</b>

## Hormigas

Las hormigas son organismos conocidos por su capacidad de formar colonias altamente organizadas de miles y hasta millones de individuos, aunque varias especies pueden ser cazadoras que deambulan solitarias en el suelo (Hölldobler & Wilson, 1990). En el saber común son conocidas porque suelen habitar en casas y jardines, incluso en algunos lugares de Colombia son parte del folclor culinario y gastronómico. En los ecosistemas naturales, su presencia es de enorme importancia, pues al construir las colonias, el proceso de remoción del suelo mejora características como su textura y pH, además que contribuye a la mineralización y flujo de nutrientes (Wilson, 2000; Lafleur et al.,

2005). De igual forma, contribuyen en la formación estructural de las coberturas vegetales, ya que en su actividad cotidiana, recolectan, trasladan y entierran semillas de diferentes especies de plantas (proceso denominado dispersión de semillas); esto hace que sean importantes en procesos de restauración tanto espontánea como dirigida de bosques (Domínguez-Haydar & Armbrrecht, 2011).

Este grupo de insectos perteneciente a la familia Formicidae (Hymenoptera), además de ser uno de los grupos de organismos más abundantes en la tierra, es altamente diverso: presenta casi 13000 especies descritas, y su taxonomía es relativamente bien estudiada con respecto a otros grupos del mismo orden (Bolton, 1994; Palacio & Fernández,

2003; Fernández & Arias-Penna, 2008). Esto hace que sea frecuentemente usado como grupo focal en bioindicación (Andersen & Brault, 2010), y recientemente propuesto para monitorear y evaluar procesos de conservación y restauración de ecosistemas (Arcila & Lozano-Zambrano, 2003; Jiménez-Carmona et al., 2015).

Específicamente, en cuanto al monitoreo y evaluación de procesos de restauración ecológica, las hormigas pueden ser una herramienta de gran importancia, ya que son el grupo más representativo de insectos de la edafofauna, que pueden ser fácilmente muestreados

y que además pueden permanecer durante mucho tiempo en el mismo nido. Esto hace que a través de su monitoreo se pueda extraer información ligada a la colonización o abandono de especies de acuerdo a las coberturas vegetales, y así validar el éxito de un proceso de restauración ecológica (Armbrecht et al., 2005).

*Composición y riqueza:* durante la fase diagnóstico se registraron un total de 14 morfoespecies de hormigas. Las coberturas con mayor presencia de morfoespecies fueron BR y B2 en donde se encontraron 8 y 7 especies respectivamente (Tabla 3).

**Tabla 3.** Presencia de morfoespecies de hormigas para las coberturas vegetales, en el área San Martín durante la fase Diagnóstico (T=0). **0:** Ausencia; **1:** Presencia. **B1:** Bosque Secundario 1; **B2:** Bosque Secundario 2; **BR:** Bosque Ripario 1; **PE:** Pastizal Enmalezado.

Morfoespecie	B1	B2	BR	PE	Total
<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	0	0	1	0	1
<i>Camponotus</i> sp. 1	0	1	0	0	1
<i>Camponotus</i> sp. 2	0	0	1	1	2
<i>Camponotus</i> sp. 3	0	0	1	1	2
<i>Camponotus</i> sp. 4	0	0	1	0	1
<i>Crematogaster</i> sp. 1	1	1	1	0	3
<i>Megalomyrmex</i> sp. 1	1	1	1	1	4
<i>Odontomachus</i> sp. 1	0	1	1	0	2
<i>Pheidole</i> sp. 1	1	0	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp. 2	0	1	0	0	1
<i>Pheidole</i> sp. 3	1	1	0	1	3
<i>Pheidole</i> sp. 4	0	0	0	1	1
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	0	1	0	0	1
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 2	0	0	1	0	1
Total	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>24</b>

### • Avifauna

Colombia cuenta con una variada disponibilidad de ecosistemas, los cuales están amenazados por el incontrolado cambio de uso de suelo, principalmente causado por la deforestación para implementación de sistemas agropecuarios (Dirzo & García, 1992; Laurance et al., 2002; Etter et al., 2006). Como producto de la deforestación se encuentran la fragmentación, pérdida y degradación del hábitat, disminución de poblaciones de especies y pérdida de servicios ecosistémicos (Laurance

et al., 2002; Etter et al., 2006; Suazo-Ortuño et al., 2015).

A pesar de todos los problemas que enfrenta Colombia en cuanto al diseño de políticas fuertes en la protección y conservación de sus ecosistemas, sigue manteniendo su posición como el país más rico en aves del mundo (Salaman et al., 2009; Del Hoyo & Collar, 2014), con un total de 1918 especies.

Para la región de la Orinoquía, en especial para el piedemonte llanero, son escasas las publicaciones o colecciones científicas. La información disponible se relaciona más con informes técnicos de estudios ecológicos y ambientales, en los que se reportan 783 especies de aves (McNish, 2007), si se consideran como límites el Río Guayabero, la Serranía de la Macarena, Río Orinoco y estribaciones del escudo de Guyanas. Usma & Trujillo (2011), presentan una aproximación de la ornitofauna del departamento en el que se reportaron un total de 507 especies, distribuidas en 67 familias y 23 órdenes. Laverde & Gómez (2016), para Santa María (Boyacá) registran 350 especies, y Peñuela-Díaz et al. (2016), para el sector de Cuchillas Negras y Guaneque (Boyacá) 265 especies. Esta alta biodiversidad está relacionada con una gran diversidad de paisajes, que integra elementos naturales propios de la planicie de la Ecoregión Llanos y el piedemonte de la Ecoregión Villavicencio-Apure (Usma & Trujillo, 2011; Laverde & Gómez, 2016).

**Composición y riqueza:** se registraron 113 especies de aves que se distribuyen en 17 órdenes y 38 familias. El más representativo es Passeriformes con 70 especies, en 18 familias, seguido del orden Piciformes (toritos, carpinteros y tucanes), con 10 especies y tres familias. Otros órdenes como Apodiformes (vencejos y colibríes) con seis especies, una de la familia Apodidae y cinco de la familia Trochilidae. Los órdenes restantes entre una y cuatro especies respectivamente (Tabla 4).

**Tabla 4.** Lista de especies de aves reportadas en el municipio de Sabanalarga, Casanare. Gr: granívoro, Fr: Frugívoro, Cr: Carroñero, Ca: Carnívoro, In: Insectívoro.

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL	DIETA
TINAMIFORMES	Tinamidae	<i>Crypturellus soui</i>	Tinamú chico	0-1500	Gr
		<i>Crypturellus cinereus</i>	Tinamú cenizo	0-500	Gr
GALLIFORMES	Cracidae	<i>Ortalis guttata</i>	Guacharaca variable	0-1400	Fr
		<i>Penelope argyrotis</i>	Pava canosa	350-2800	Fr
CATHARTIFORMES	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Guala cabecirroja	0-2500	Cr
		<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo negro	0-3600	Cr
		<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavilán caminero	0-2500	Ca
ACCIPITRIFORMES	Accipitridae	<i>Elanoides forficatus</i>	Aguillita tijereta	0-2500	Ca
		<i>Buteo platypterus</i>	Gavilán aliancho	0-2500	Ca
		<i>Buteo nitidus</i>	Gavilán saraviado	0-500	Ca
GRUIFORMES	Rallidae	<i>Aramides cajaneus</i>	Chilacoa colinegra	0-2000	In
FALCONIFORMES	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	0-3000	Ca
		<i>Falco rufigularis</i>	Halcón murcielaguero	0-2200	Ca
		<i>Milvago chimachima</i>	Pigua	0-2500	Ca
		<i>Herpetotheres chachinnans</i>	Halcón reidor	0-2500	Ca
		<i>Colombina talpacoti</i>	Tortolita rojiza	0-2500	Gr
COLUMBIFORMES	Columbidae	<i>Patagioenas cayennensis</i>	Paloma morada	0-1500	Fr
		<i>Zenaida auriculata</i>	Torcaza naguiblanca	0-3000	Gr
		<i>Leptotila verreauxi</i>	Rabiblanca	0-2800	Gr
PSITTACIFORMES	Psittacidae	<i>Forpus conspicillatus</i>	Periquito de anteojos	0-2300	Fr
CUCULIFORMES	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero piquiliso	0-2600	In
		<i>Piaya cayana</i>	Cuco-ardilla común	0-2800	In
STRIGIFORMES	Strigidae	<i>Megascops choliba</i>	Currucutú	0-2800	Ca
NYCTIBIIFORMES	Nyctibiidae	<i>Nyctibius grandis</i>	Bienparado grande	0-1200	In

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL	DIETA
APODIFORMES	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo collarejo	300-2500	In
	Trochilidae	<i>Phaethornis hispidus</i>	Ermitaño barbiblanco	0-1000	Nec-In
		<i>Phaethornis griseogularis</i>	Ermitaño gorgogrís	500-1600	Nec-In
		<i>Phaethornis guy</i>	Ermitaño verde	800-2700	Nec-In
		<i>Chalybura buffonii</i>	Colibrí de buffon	0-2000	Nec-In
		<i>Saucerottia viridigaster</i>	Amazilia colimorada	500-1500	Nec-In
CORACIIFORMES	Momotidae	<i>Momotus momota</i>	Barranquero coronado	0-1400	Om
TROGONIFORMES	Trogonidae	<i>Trogon viridis</i>	Trogón coliblanco	0-1200	Om
GALBULIFORMES	Galbulidae	<i>Galbula tombacea</i>	Jacamar barbiblanco	0-1000	In
PICIFORMES	Capitonidae	<i>Capito auratus</i>	Torito filigrana	0-1300	Fr
		<i>Eubucco bourcierii</i>	Torito cabecirrojo	1200-1500	Fr-In
	Ramphastidae	<i>Pteroglossus castanotis</i>	Pichí bandirrojo	0-1200	Om
		<i>Aulacorhynchus haematomygus</i>	Tucancito culirrojo	500-2300	Om
		<i>Ramphastos vitellinus</i>	Tucán pechiblanco	0-1000	Om
	Picidae	<i>Picumnus squamulatus</i>	Carpinterito escamado	0-1600	In
		<i>Colaptes punctigula</i>	Carpintero pechipunteado	0-1500	In
		<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero habado	0-1800	In
		<i>Dryocopus lineatus</i>	Carpintero real	0-2200	In
		<i>Campephilus melanoleucus</i>	Carpintero marcial	0-2000	In
	Thamnophilidae	<i>Myrmeciza longipes</i>	Hormiguero pechiblanco	0-1800	In
		<i>Myrmoborus leucophrys</i>	Hormiguero cejiblanco	0-800	In
		<i>Dysithamnus mentalis</i>	Hormiguero tiznado	300-2400	In
	Grallariidae	<i>Grallaricula ferruginepectus</i>	Tororoí ferruginoso	700-2000	In
	Furnariidae	<i>Synallaxis albescens</i>	Chamicero buchiblanco	0-1800	In
		<i>Dendroplex picus</i>	Trepatroncos pico-de-lanza	0-700	In
		<i>Leptopogon superciliaris</i>	Atrapamoscas sepia	500-2100	In
		<i>Todirostrum cinereum</i>	Espatulilla común	0-2200	In
		<i>Elaenia flavogaster</i>	Elaenia copetona	0-2400	In
<i>Zimmerius chrysops</i>		Tiranuelo cejiamarillo	1000-2400	In	
<i>Mionectes oleagineus</i>		Atrapamoscas ocráceo	0-1300	In	
Tyrannidae		<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	Picoplano azufrado	0-1800	In
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	Sirirí común	0-2800	In
		<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bichofué	0-1500	In
	<i>Myiozetetes cayanensis</i>	Suelda crestinegra	0-2000	In	
	<i>Megarynchus pitangua</i>	Bichofué picudo	0-1400	In	
		<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Atrapamoscas cabecinegro	0-1800	In
Pipridae	<i>Manacus manacus</i>	Saltarín barbiblanco	0-1000	Fr	
Tityridae	<i>Pachyramphus polychropterus</i>	Cabezón aliblanco	0-2000	Fr-In	

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL	DIETA
PASSERIFORMES	Vireonidae	<i>Vireo olivaceus</i>	Verderón ojirrojo	0-3400	Fr-In
	Corvidae	<i>Cyanocorax violaceus</i>	Carriquí violáceo	0-1200	Om
	Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Golondrina barranquera	0-2200	In
		<i>Atticora tibialis</i>	Golondrina selvática	0-1100	In
		<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	0-3000	In
		<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Golondrina alfarera	0-3000	In
	Troglodytidae	<i>Microcerculus marginatus</i>	Cucarachero ruiseñor	0-1500	In
		<i>Pheugopedius rutilus</i>	Cucarachero pechirrufo	0-2000	In
		<i>Thryophilus rufalbus</i>	Cucarachero cantor	0-1400	In
	Turdidae	<i>Turdus leucomelas</i>	Mirla buchiblanca	0-1800	Fr-In
		<i>Turdus ignobilis</i>	Mirla embarradora	0-2600	Fr-In
		<i>Turdus nudigenis</i>	Mirla caripelada	0-1600	Fr-In
		<i>Turdus albicollis</i>	Mirla collareja	0-1600	Fr-In
		<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal buchipecoso	0-1600	Fr-In
		<i>Catharus minimus</i>	Zorzal carigris	0-2300	Fr-In
	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Sinsonte común	0-2600	Fr-In
	Thraupidae	<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	Cardenal carmesí	0-2200	Fr-In
		<i>Ramphocelus carbo</i>	Toche negro	0-1200	Fr-In
		<i>Thraupis episcopus</i>	Azulejo común	0-2600	Fr-In
		<i>Thraupis palmarum</i>	Azulejo palmero	0-2000	Fr-In
		<i>Tangara gyrola</i>	Tángara cabecirrufa	0-2000	Fr-In
		<i>Ixothraupis guttata</i>	Tángara pecosa	700-2000	Fr-In
		<i>Stilpnia cyanicollis</i>	Tángara real	700-2500	Fr-In
		<i>Stilpnia vitriolina</i>	Tángara rastrojera	600-2600	Fr-In
		<i>Tangara cayana</i>	Tángara triguera	0-600	Fr-In
		<i>Dacnis cayana</i>	Dacnis azul	0-1100	Fr-In
		<i>Cyanerpes cyaneus</i>	Mielero patirrojo	0-1200	Fr-In
		<i>Tachyphonus rufus</i>	Parlotero malcasado	0-1800	Fr-In
		<i>Coereba flaveola</i>	Mielero común	0-1500	Nec-In
		<i>Sporophila angolensis</i>	Arrocero buchicastaño	0-800	Gr
		<i>Sporophila intermedia</i>	Espiguero gris	0-2400	Gr
		<i>Sporophila nigricollis</i>	Espiguero capuchino	0-2200	Gr
		<i>Volatinia jacarina</i>	Espiguero Saltarín	0-2200	Gr
		<i>Saltator maximus</i>	Papayero	0-1800	Fr-In
		<i>Saltator coerulescens</i>	Saltador papayero	0-1300	Fr-In
		Passerellidae	<i>Arremon taciturnus</i>	Pinzón pectoral	0-800
	Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>	Piranga abejera	0-3000	Fr-In

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL	DIETA	
PASSERIFORMES	Parulidae	<i>Setophaga striata</i>	Reinita rayada	0-3000	In	
		<i>Setophaga ruticilla</i>	Candelita norteña	0-3000	In	
		<i>Setophaga fusca</i>	Reinita gorjinaranja	0-3200	In	
		<i>Mniotilta varia</i>	Cebritra trepadora	0-2500	In	
		<i>Basileuterus culicivorus</i>	Arañero cejiblanco	300-1800	In	
	Icteridae	<i>Cardellina canadensis</i>	Reinita de Canadá	0-3001	In	
		<i>Cacicus cela</i>	Arrendajo culiamarillo	0-700	Fr-In	
		<i>Psarocolius angustifrons</i>	Oropéndola variable	0-2500	Fr-In	
		<i>Psarocolius decumanus</i>	Oropéndola crestada	0-2600	Fr-In	
		<i>Molothrus bonariensis</i>	Chamón común	0-2600	Om	
		Fringillidae	<i>Euphonia laniirostris</i>	Eufonia gorgiamarilla	0-2400	Fr
			<i>Euphonia xanthogaster</i>	Eufonia buchinaranja	0-2500	Fr
			<i>Chlorophonia cyanea</i>	Clorofonia verdiazul	1000-2200	Fr-In
			<i>Chlorophonia pyrrhophrys</i>	Clorofonia ferruginosa	1500-3000	Fr-In

Las aves son consideradas de gran importancia en la dispersión de semillas y en los procesos de recuperación de los bosques y selvas (Figueroa & Castro, 2002; Barrantes & Pereira, 2002), ya que ingieren frutos y a través del vuelo defecan o regurgitan semillas en áreas lejanas (Figueroa & Castro, 2002). Para esta zona se reportaron 37 especies de aves frugívoras; entre las principales familias de este tipo de dieta están Cracidae, Columbidae, Psittacidae, Capitonidae, Vireonidae, Tityridae, Turdidae, Mimidae, Thraupidae, Icteridae y Fringillidae.

Especies con algún grado de endemismo presente en la zona de estudio fueron el periquito de anteojos (*Forpus conspicillatus*), el cardenal carmesí (*Ramphocelus dimidiatus*) y la tångara rastrojera (*Stilpnia vitriolina*) (Chaparro et al., 2013), y aunque son casi endémicas, no se encuentran en amenaza (IUCN, 2017; Renjifo et al., 2014, 2016).

Para las categorías CITES que hacen referencia al comercio de especies amenazadas de fauna y flora, se encontraron 14 especies en el apéndice II, en el que se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse con el fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia (CITES, 2017), ellas pertenecen a las familias Accipitridae (gavilanes y aguilillas), Falconidae (cernícalos

y piguas), Psittacidae (loros, pericos y guacamayas), Strigidae (búhos) y Trochilidae (colibríes).

Se realizó una revisión sobre las especies migratorias que llegan a Colombia (Peñuela, 2010; Naranjo et al., 2012) y se encontró que para el área de estudio 18 especies realizan algún tipo de migración. Se destacan las especies que realizan movimientos transfronterizos, donde se tienen 13 especies de las familias Accipitridae, Tyrannidae, Vireonidae, Hirundinidae, Turdidae, Cardinalidae y Parulidae.

#### • Mastofauna

En Colombia hay 471 especies de mamíferos (Alberico et al., 2000), con 92% de especies confirmadas y las demás con presencia probable, por su registro en los países fronterizos. Colombia se encuentra dentro de los cuatro países con mayor riqueza de especies de mamíferos del mundo junto con Brasil, Indonesia y México (Alberico et al., 2000). Solari et al. (2013), actualizaron la diversidad de especies de mamíferos de Colombia, el resultado fue un total de 492 especies nativas. La mayor riqueza de especies se da en los órdenes Chiroptera (198 especies) y Rodentia (122), pero existen 23 especies endémicas de roedores, contra solo siete de murciélagos.

De acuerdo con la actualización más reciente del listado de especies para Colombia planteada por



Ramírez-Chávez & Suárez-Castro (2014), se proyectan aproximadamente 518 especies de mamíferos para el país. Las mayores amenazas son la deforestación, la cacería y el comercio ilegal (Solari et al., 2013). Para la Orinoquía colombo-venezolana se han reportado 318 especies de mamíferos, representadas en 12 órdenes, 40 familias y 156 géneros (Ferrer et al., 2009; Peñuela et al., 2011; Mora-Fernández & Peñuela-Recio, 2013). Para la región solo se reportan dos especies de mamíferos endémicos: un primate nocturno (*Aotus brumbacki*) y un roedor (*Proechimys occconnelli*).

Se tuvieron en cuenta los trabajos disponibles de Usma & Trujillo (2011) y Pardo-Vargas & Payan-Garrido (2015).

**Composición y riqueza:** Para el grupo de mamíferos se registraron un total de siete especies. Por medio de observación directa, el aullador (*Alouatta seniculus*, Orden Primates) y la ardilla común (*Notosciurus granatensis*, Orden Rodentia) (Fig. 5A). Empleando cámaras trampa se obtuvieron datos de las especies *Didelphis marsupialis* (Orden Didelphimorphia) (Fig. 5B), *Nasuella olivacea* (Orden Carnivora) y *Coendou prehensilis* (Orden Rodentia) (Fig. 5C), *Tamandua tetradactyla* (Orden Pilosa) (Fig. 5D) y *Pecari tajacu* (Orden Artiodactyla). La especie *Pecari tajacu* fue encontrada en todas las coberturas de estudio, debido a los rastros que dejaron; según los expertos locales es muy perseguida por los cazadores dentro del área.



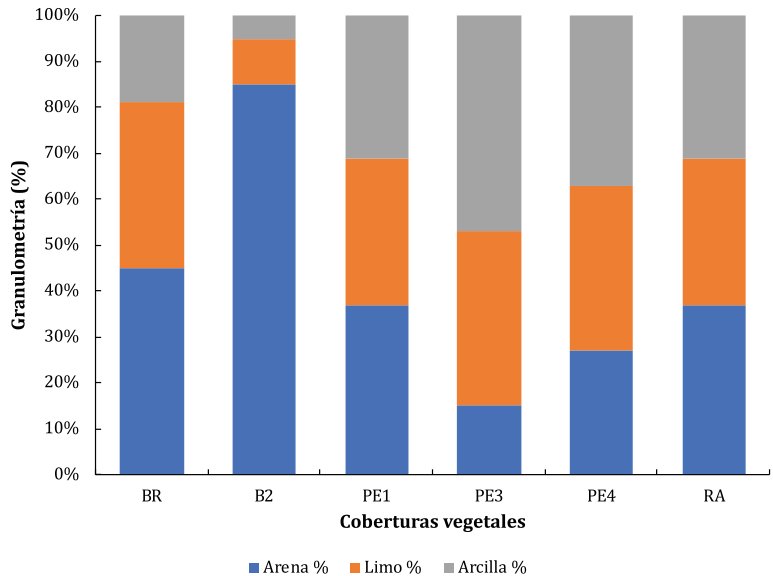
**Figura 5.** Registro de fauna en el área de intervención Sabanalarga, Casanare. **A.** *Notosciurus granatensis*; **B.** *Didelphis marsupialis*; **C.** *Coendou prehensilis*; **D.** *Tamandua tetradactyla*.

Ninguna de las especies de mamíferos de este estudio se encuentra en alguna categoría de amenaza (IUCN, 2017); en general, las especies registradas son típicas de ambientes altamente intervenidos (Tirira, 2007).

## Suelos

- **Parámetros físicoquímicos**

Los suelos de las áreas de San Martín y Agua Clara, se caracterizan por grandes pendientes, topografía muy ondulada y el predominio de procesos erosivos; presentan una coloración amarillenta a rojiza, con texturas franco arenosas en la cobertura de bosque secundario y franco arcillosas en las demás coberturas. Estos suelos se encuentran clasificados dentro de los órdenes taxonómicos entisoles e inceptisoles, los cuales presentan un alto porcentaje de arenas y arcillas en comparación con los contenidos de limos (Fig. 6).

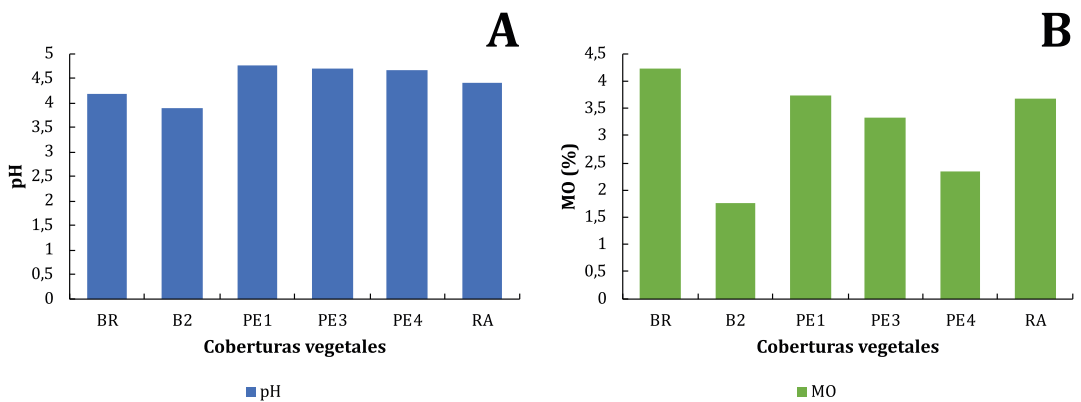


**Figura 6.** Granulometría de los suelos muestreados en coberturas vegetales en el municipio de Sabanalarga, Casanare. **B2.** Bosque secundario; **BR.** Bosque ripario; **PE1.** Pastizal enmalezado 1; **PE3.** Pastizal enmalezado 3; **PE4.** Pastizal enmalezado 4; **RA.** Rastrojo alto.

Según Arias et al. (2010), el tipo de suelo presente en las coberturas evaluadas, es muy permeable al aire, al agua y a las raíces, y con limitaciones como, bajo poder de retención de agua, y baja capacidad de almacenamiento de nutrientes; además, los suelos con texturas franco arcillosas, se caracterizan por ser aptos para retener grandes cantidades de agua y nutrientes, lo que asegura un óptimo crecimiento vegetal; sin embargo, al presentar gran capacidad impermeable, al secarse, se pueden generar daños en la estructura y en las propiedades físicoquímicas de los suelos, lo cual puede ocasionar pérdidas en la vegetación. Conjuntamente, según el tipo de textura del suelo, Huang et al. (2003), encontraron que, en los suelos

arenosos, la disponibilidad de contaminantes aumenta en comparación con los suelos arcillosos, debido principalmente a que las arcillas tienen mayor capacidad de adsorción que las arenas, por lo que las primeras pueden limitar los procesos de biodegradación.

Las coberturas vegetales analizadas presentaron suelos ácidos con valores de pH entre 3,9 a 4,7; el bosque secundario presentó mayor acidez, mientras que los pastizales enmalezados fueron menos ácidos (Fig. 7A). En términos de contenido de materia orgánica (MO), las coberturas de bosque ripario, pastizal enmalezado 1 y rastrojo alto, presentaron los valores más altos de este parámetro, mientras que el bosque secundario mostró los niveles más bajos (Fig. 7B). Aunque no se pudo apreciar un perfil orgánico en la cobertura de bosque secundario, sí se evidenció gran acumulación de hojarasca, que brindar nutrientes a las plantas.



**Figura 7.** Valores de **A.** pH y **B.** Materia orgánica (MO), registrados en coberturas vegetales en el municipio de Sabanalarga, Casanare. **B2.** Bosque secundario; **BR.** Bosque ripario; **PE1.** Pastizal enmalezado 1; **PE3.** Pastizal enmalezado 3; **PE4.** Pastizal enmalezado 4; **RA.** Rastrojo alto.

Según Mummey et al. (2002), el pH puede influir en los procesos de revegetación de un ecosistema; sin embargo, Martinsen et al. (2015), menciona que las condiciones de acidez en los suelos pueden tener efectos negativos sobre el crecimiento de las plantas, ya que se genera una deficiencia de nutrientes esenciales como el P.

En suelos arcillosos tal y como se presentó en la mayoría de las coberturas muestreadas, la acumulación de MO es superior a la de suelos arenosos. En lo relacionado con los macro-nutrientes analizados, la concentración de P, Ca, Mg y K fue mayor en las coberturas de pastizal enmalezados y en el rastrojo alto, mientras que, en el bosque, estos nutrientes disminuyen. Por otro lado, los micro-nutrientes evaluados (Cu, Mn y Zn) se presentaron en bajas concentraciones en los suelos de las diferentes coberturas vegetales; aunque se aumenta en el pastizal enmalezado 1 (Tabla 5). Con respecto a elementos como Fe y Al, en el bosque ripario están las menores concentraciones, mientras que en las demás coberturas se presentaron altos valores, llegando a limitar el crecimiento y desarrollo de las plantas (Martinsen et al., 2015).

**Tabla 5.** Análisis químicos de los suelos muestreados en las diferentes coberturas vegetales en el municipio de Sabanalarga, Casanare. **B2.** Bosque secundario; **BR.** Bosque ripario; **PE1.** Pastizal enmalezado 1; **PE3.** Pastizal enmalezado 3; **PE4.** Pastizal enmalezado 4; **RA.** Rastrojo alto.

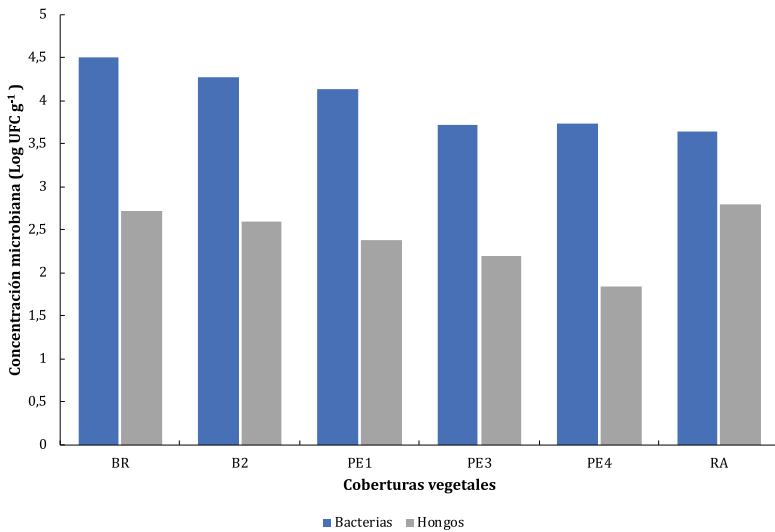
Análisis	Unidad	Cobertura vegetal					
		B2	BR	PE1	PE3	PE4	RA
P	(ppm)	5.46	5.46	7.95	7.95	7.48	7.95
Ca	(cmol/ Km <sup>-1</sup> )	0.28	0.32	0.54	0.33	0.28	0.51
Mg	(cmol/ Km <sup>-1</sup> )	0.12	0.08	0.29	0.13	0.09	0.26
K	(cmol/ Km <sup>-1</sup> )	0.11	0.07	0.12	0.13	0.1	0.09
Fe	(ppm)	131	20.9	63.5	46.2	70.12	95.33
Mn	(ppm)	1.2	1	24.79	5.19	8.06	7.42
Cu	(ppm)	0.23	0.28	0.77	0.13	0.46	0.54
Zn	(ppm)	0.79	0.67	1.33	0.67	0.23	1.07
CICE	(cmol/ Km <sup>-1</sup> )	7.97	1.44	7.16	8.8	5.88	5.47
Al	(%)	57.72	34.72	69.83	77.27	68.03	69.47

En todas las coberturas, se evidenció que las concentraciones de los macro y micro-nutrientes pudieron ser afectadas por el pH, el contenido de MO, la textura y la aireación, afectando probablemente la disponibilidad de estos nutrientes, los cuales cumplen con funciones biológicas clave como el transporte de oxígeno, fijación de N y están involucrados en los procesos de respiración y fotosíntesis (Greenshields et al., 2007).

- **Parámetros microbiológicos**

Los suelos de las dos áreas en Sabanalarga presentaron una concentración bacteriana de 4,5 Log UFC g<sup>-1</sup> y de 2,4 Log UFC g<sup>-1</sup> para el caso de hongos filamentosos, siendo el bosque ripario, la cobertura

que presentó la mayor abundancia de estos microorganismos, mientras que el pastizal enmalezado 4 muestra los valores más bajos de UFC (Fig. 8). Se aislaron un total de seis géneros bacterianos y cinco fúngicos, en donde la cobertura de bosque secundario presenta el mayor número de microorganismos aislados, seguido de pastizal enmalezado 1; pastizal enmalezado 4, fue la que presentó el menor número de aislados. Dentro de los aislados bacterianos, se destacaron los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus*, los cuales fueron los más abundantes en todas las coberturas evaluadas. En cuanto a los hongos filamentosos, los géneros *Penicillium*, *Aspergillus* y *Cladosporium* se presentaron en mayor proporción en todas las coberturas vegetales.



**Figura 8.** Concentración de bacterias y hongos filamentosos presentes en los suelos de las diferentes coberturas vegetales en Sabanalarga, Casanare. **B2.** Bosque secundario; **BR.** Bosque ripario; **PE1.** Pastizal enmalezado 1; **PE3.** Pastizal enmalezado 3; **PE4.** Pastizal enmalezado 4; **RA.** Rastrojo alto.

*Penicillium* y *Aspergillus*, fueron los géneros de hongos hallados en esta localidad, siendo comunes en suelos y considerados productores de micotoxinas, que ayudan en los procesos de descomposición de MO (Domsch et al., 1980).

Las condiciones de acidez, los bajos contenidos de materia orgánica, los valores bajos de macro y micronutrientes, las condiciones de erosión y el mal drenaje que presentaron los suelos en las diferentes coberturas analizadas, son factores limitantes para el establecimiento de las plantas.

## COMPONENTE SOCIAL

Como parte del proceso de apropiación del proyecto por parte de las comunidades locales y en el marco de la estrategia de participación se desarrollaron diversas actividades que buscaron acercar a la comunidad al proceso de restauración, entre ellas, la reconstrucción de la memoria colectiva sobre el uso y percepciones del territorio.

La información lograda, en principio, permitió complementar la interpretación que desde otras fuentes del conocimiento (*p. ej.*: análisis espaciales multitemporales) se obtuvieron para el diagnóstico socioambiental del territorio. En términos de la restauración ecológica, surgieron aportes relevantes para aspectos tan diversos como:

- a) El análisis del estado del medio físico y la posibilidad de intervención previa al establecimiento del proyecto.
- b) La identificación de la necesidad de la restauración ecológica y las causas de la degradación, y de los valores ecológicos que se encuentran amenazados o degradados en este sector del municipio de Sabanalarga; inclusive, la definición de los atributos del ecosistema que deben ser considerados en la restauración ecológica.
- c) Desde la memoria colectiva, describir el régimen de disturbio y la identificación de los recursos bióticos (p. ej.: semillas, propágulos, plantas nodrizas) con los que se cuenta localmente y que facilitan el establecimiento del proyecto.

En principio, y como parte de los análisis de la información social que se realizaron, se presentan tres aspectos estratégicos para abordar la restauración ecológica, a saber: a) la importancia ambiental del territorio; b) los principales usos productivos; y c) las principales problemáticas ambientales vigentes.

*Problemáticas ambientales vigentes.* El total de personas entrevistadas a la fecha del final del proyecto, coincidieron en identificar como principales factores de conflicto socioambiental, la tala selectiva, la pérdida de la calidad/cantidad de agua y los incendios forestales.

Esta percepción brinda un panorama preocupante para un sector que es clave en la oferta hídrica hacia los acueductos veredales e implica —entre otros—, que las actividades productivas que se han desarrollado históricamente, no han sido compatibles con el mantenimiento de servicios ecosistémicos como la regulación hídrica, y reflejó la necesidad de avanzar en la restauración ecológica, y la gestión social participativa para conservar las rondas de las quebradas que en él se encuentran.

Otro factor importante para la gestión del territorio, pero que no fue identificado por la mayoría de los entrevistados, es la dinámica de derrumbes; debido a que se presenta una alta actividad tectónica, y es una razón más, para abordar los aportes que desde la restauración se pueden hacer a la gestión del riesgo.

Se identificaron conjuntamente con la comunidad local como factores limitantes, tensionantes y potenciadores de la restauración:

### **Factores limitantes**

- La *baja calidad del suelo* debido fundamentalmente al grado de compactación.
- La *variabilidad climática* resultado de la intensidad y extensión de los fenómenos Niño-Niña que ha alterado —según conocimiento local— los ciclos de floración-fructificación de algunas especies y, por tanto, ha condicionado la posibilidad de propagación *ex situ*.
- Existen algunos sectores con *alta pendiente* en zonas de cima con permanentes derrumbes y fuertes vientos, lo que dificulta el establecimiento efectivo de propágulos en sitios específicos de las dos áreas.
- En gran parte de las 25 ha a intervenir se observa *dominancia de especies de gramíneas exóticas* —principalmente *Brachiaria* sp.— que limitan el desarrollo

de la sucesión ecológica secundaria, al modificar las condiciones del suelo y reducir probablemente la capacidad germinativa de especies nativas.

- Es probable que como resultado de la pérdida de especies forestales nativas y de importantes extensiones de coberturas de bosque, se hayan *reducido o desplazado hacia nuevos sitios poblaciones de fauna* que cumplen funciones de dispersores o polinizadores.

### **Factores tensionantes**

- La presencia de ganadería y de gramíneas exóticas en el entorno a las áreas en restauración.
- Como resultado de la tala selectiva, se observa una *pérdida de diversidad de especies forestales* y, por tanto, la diversidad funcional.

### **Factores potenciadores**

- *Oferta física*: la zona de interés se caracteriza por suelos orgánicos, si bien deteriorados por el uso agropecuario, aún con presencia de estructura y composición que favorecen la sucesión ecológica; la pendiente es media-alta, la humedad es alta y existen quebradas.
- *Potencial biótico*: existen fragmentos de bosque subandino (> 10 ha) que permiten conocer parcialmente las características de este ecosistema en el área de restauración; además de la existencia de otras coberturas transitorias, tales como arbustales de especies nativas, que ofertan permanentemente semillas a la matriz dominante de pastos, lo que genera una mayor presión de propágulos.

La integración de los componentes físico y biótico, permitió considerar que existen condiciones ambientales para favorecer la restauración a través de acciones puntuales que aceleren el establecimiento de comunidades vegetales nativas sobre las áreas disturbadas.

- *Componente socioeconómico*: las dos áreas en restauración no se encontraban habitadas, pero a su alrededor sí, por lo que no se evidenció una profunda cultura de la organización comunitaria, y la gestión se concentró más en la Administración Municipal y otras instituciones como las educativas para generar esa cultura asociada a la conservación del agua y la biodiversidad. Estos aspectos fueron clave para propiciar la sostenibilidad del proyecto.

# METAS DE RESTAURACIÓN

## Definición de metas

En Sabanalarga, la meta está propuesta en función del control de especies gramíneas exóticas como principal factor limitante a la sucesión ecológica e implementar acciones orientadas hacia la restauración ecológica (Tabla 6).

**Tabla 6.** Meta de restauración, indicadores y criterios de cumplimiento de la restauración ecológica para la vereda Monserrate, Sabanalarga, Casanare.

Meta	Indicadores	Criterio de cumplimiento
Incremento de la ocupación de especies nativas (arbóreas y arbustivas) en áreas de pastizales abandonados en al menos el 30% del área total intervenida mediante estrategias de plantación al segundo semestre de 2017 y al menos el 50% al segundo semestre de 2018	Distribución de edades en grupos	$\geq 25$ % de individuos en etapa juvenil I al segundo semestre de 2017
		$\geq 50$ % de individuos en etapa juvenil I al segundo semestre de 2018
	Supervivencia de las plantaciones	$\geq 50$ % de individuos en etapa juvenil I al segundo semestre de 2017
		$\geq 75$ % de individuos en etapa juvenil I al segundo semestre de 2018
	Recambio de especies	$\geq 50$ % de especies observadas al segundo semestre de 2017 son nativas
		$\geq 75$ % de especies observadas al segundo semestre de 2018 son nativas
	Cobertura de vegetación nativa	$\geq 30$ % de cobertura vegetal en núcleos de plantación está comprendida por especies nativas en las fases de vida juveniles I y II al segundo semestre de 2017
$\geq 50$ % de cobertura vegetal en núcleos de plantación está comprendida por especies nativas en las fases de vida juveniles I y II al segundo semestre de 2018		
Cobertura de vegetación gramínea exótica	$\leq 80$ % de cobertura vegetal en núcleos de plantación está comprendida por gramíneas exóticas al segundo semestre de 2017	
	$\leq 50$ % de cobertura vegetal en núcleos de plantación está comprendida por las fases de vida juveniles I y II al segundo semestre de 2018 son nativas	



# DISEÑO DE LAS TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN A PARTIR DE LA GESTIÓN DE LA VEGETACIÓN

## Selección de especies destinadas a la restauración

- **Criterios de selección**

Previa selección de las especies, la propuesta de restauración inició con la identificación de subsistemas (tipos de coberturas vegetales) en cada unidad de paisaje para definir los tipos de áreas disturbadas, que, para el caso de Sabanalarga, comprende los tipos de coberturas vegetales. Una vez identificados los tipos de áreas disturbadas, se procedió a la identificación de las referencias ecológicas, corresponden a las coberturas vegetales que muestran diferentes estados del proceso sucesional entre áreas degradadas y las mejor conservadas. Con las referencias identificadas, se construyeron hipótesis de trayectorias y se seleccionaron aquellas consideradas viables a partir de las condiciones específicas de cada proceso.

Se eligieron rasgos de historia de vida considerados clave para abordar las zonas afectadas por pastizales abandonados, y bajo la condición del limitado conocimiento existente sobre la biología de las especies nativas del sector. Los rasgos fueron propuestos a partir de revisión de literatura (p. ej.: Castellanos-Castro & Bonilla, 2011; Cárdenas-Arévalo & Vargas-Ríos, 2008; Hérault et al., 2005; Pywell et al., 2003; Fonseca & Ganade, 2001), y algunas entrevistas a la población local. En la Tabla 7, se presentan rasgos de historia de vida considerados.

Esta descripción, igualmente, parte de las observaciones de campo realizadas durante el estudio de la vegetación de las referencias ecológicas. Finalmente, fue la factibilidad de obtención de propágulos el filtro definitivo para la selección de las especies a propagar en el vivero, para dar respuesta a las necesidades de material vegetal del proyecto.



**Tabla 8.** Rasgos de historia de vida con potencial uso en la restauración de zonas de pastizales abandonados y propuesta de los tipos funcionales de plantas (TFP).

			TFP																						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
Regeneración	Ciclo de vida	Persistencia	Anual	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
		Perenne																							
	Regereneración vegetativa	Dispersión	SÍ/NO	No	No	No	Sí	Sí	Si	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No			
			Agente de dispersión	Anemocoria										x						x					
	Agente de dispersión	Dispersión	Autocoria									x				x									
			Zoocoria	x	x	x	x	x	x	x					x	x		x		x	x	x	x		
			Hidrocoria	x																					
	Vector de polinización	Persistencia	Anemogamia																						
			Entomogamia	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	Banco de semillas	Establecimiento	Transitorio	x		x	x	x	x			x	x		x	x	x	x		x	x				
			Persistente		x						x			x						x			x	x	
	Renovación de hojas	Persistencia	Alta		x							x	x				x								
			Baja	x		x	x	x	x	x				x	x	x		x	x	x	x	x	x		
	Morfológico	Tipos de planta	Establecimiento – Persistencia	Graminoide																					
				Palmoide	x																				
				Herbácea	x																				
				Subarbusciva								x										x		x	
				Arbustiva					x	x	x						x			x	x	x	x		x
				Arbórea	x	x	x	x					x	x	x			x	x	x	x			x	
Hábito		Establecimiento – Persistencia	Postrado																						
			Trepador																						
			Erecto	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

Es así como se definieron, 19 tipos funcionales de plantas (TFP) (Díaz et al., 2007). Los TFP1 a TFP19 son ensamblajes de plantas semejantes ecológicamente, en los que se buscó generar diseños de restauración que combinaran la mayor cantidad de TFP, según las características propias de cada tipo de área disturbada (o cobertura vegetal) (Tabla 9).

**Tabla 9.** Tipos funcionales de plantas identificados para abordar la restauración ecológica en pastizales abandonados de *Brachiaria* sp. y ejemplos de especies que dentro de las caracterizaciones cumplieron con los requerimientos establecidos.

Tipos funcionales de plantas (TFP)	Especie
TFP 1	<i>Attalea</i> sp.; <i>Oneocarpus</i> sp.
TFP 2	<i>Cecropia</i> aff. <i>peltata</i> L.
TFP 3	<i>Alchornea</i> sp.; <i>Lauraceae</i> sp. 1; <i>Clethra fagifolia</i> Kunth; <i>Syzygium</i> sp.; <i>Croton</i> sp.; <i>Persea</i> sp.
TFP 4	<i>Neea</i> sp.; <i>Ficus</i> sp.
TFP 5	<i>Palicourea</i> sp.
TFP 6	<i>Trichantera gigantea</i> (Bonpl.) Nees
TFP 7	<i>Miconia</i> sp.; <i>Clidemia</i> sp.; <i>Tococa</i> sp.
TFP 8	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.
TFP 9	<i>Cedrela odorata</i> L.
TFP 10	<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel; <i>Siparuna</i> sp.; <i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.; <i>Clusia grandiflora</i> Splitg.; <i>Clusia</i> aff. <i>insignis</i> Mart.
TFP 11	<i>Macleania</i> sp.
TFP 12	<i>Fabaceae</i> sp. 1; <i>Fabaceae</i> sp. 2; <i>Erythrina</i> sp. 1; <i>Erythrina</i> sp. 2
TFP 13	<i>Tapirira</i> aff. <i>guianensis</i> Aubl.
TFP 14	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski.
TFP 15	<i>Myrcia</i> sp.
TFP 16	<i>Erytroxylum</i> aff. <i>gracilipes</i> Peyr.
TFP 17	<i>Myrsine</i> sp.
TFP 18	<i>Piper</i> sp.
TFP 19	<i>Duroia</i> aff. <i>hirsuta</i> (Poepp.) K. Schum.

Las especies anteriormente citadas fueron seleccionadas de todo el *pool* de especies registradas en cada una de las coberturas caracterizadas, y que a su vez, se han propagado de forma exitosa en vivero, así también, se identificaron especies de vegetación de sucesión temprana y tardía (Tabla 10).

**Tabla 10.** Especies de sucesión temprana y tardía identificadas.

Tipo de cobertura	Especie
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	<i>Alchornea</i> sp.
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	<i>Clethra fagifolia</i> Kunth
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	<i>Croton</i> sp.
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	<i>Miconia</i> sp.
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	<i>Clidemia</i> sp.
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	<i>Clusia</i> aff. <i>insignis</i> Mart.
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	<i>Duroia</i> aff. <i>hirsuta</i> (Poepp.) K. Schum.
Bosque andino (borde)	<i>Lauraceae</i> sp. 1
Bosque andino (borde)	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.
Bosque andino (borde)	<i>Cedrela odorata</i> L.
Bosque andino (borde)	<i>Trichanthera gigantea</i> (Bonpl.) Nees
Bosque andino (borde)	<i>Attalea</i> sp.
Bosque andino (borde)	<i>Oneocarpus</i> sp.

Las especies seleccionadas corresponden a especies nativas de piedemonte llanero, algunas de ellas con amplia distribución y adaptaciones a diferentes ecosistemas. Para la selección de las especies destinadas a la restauración, se tuvieron en cuenta atributos morfofisiológicos (reproducción, producción de materia orgánica y tipos de dispersión de semillas), importancia económica y usos por comunidades. Por otra parte, aspectos como: densidades de poblaciones, coberturas, predominio fisionómico, fueron tenidos en cuenta con base en el diagnóstico.

Se seleccionaron 41 especies que cumplieran con todos o algunos de dichos aspectos. Para los atributos de reproducción (sexual y asexual), producción de materia orgánica y usos por comunidades, se escogieron diez especies (amarillo, cafetero, clavellino, frijolito, guaney, guayabito, hígado, quince días, cedro y *Ocotea*). Especies como *Alchornea*, arrayán, buena leña, chizo, cucharo, gague blanco, gague cebollo, lanzo, lechudo, madroño, manzano, pavo,

pomarroso, huesito, ceiba e hígado negro, presentan únicamente reproducción sexual, producción de materia orgánica y usos por comunidades. Respecto a la producción de esta, solo nueve especies (cenizo, cordoncillo, grado, guarumo, pusú, coca montañera, *Miconia*, *Tococa* y *Clidemia*) fueron utilizadas (Tabla 11).

Con relación a los tipos de dispersión de semillas, especies como arrayán, chizo, guichire, lanzo, pomarroso, pusú, *Clidemia* y *Miconia* se dispersan por viento (anemocoria), animales (zoocoria) y agua (hidrocoria). Por medio del aire y los animales, cuatro de las especies seleccionadas presentan estos tipos de dispersión. Adicionalmente, seis especies se dispersan por medio de los animales y el agua. En cuanto a las especies seleccionadas, 23 de ellas son dispersadas únicamente por animales. Para el caso de cenizo e indio viejo, solo son diseminadas por aire (Tabla 11).

**Tabla 11.** Listado de atributos de las especies para propagación en el vivero temporal de Sabanalarga.

Nombre común	Nombre Científico	Reproducción		Producción de materia orgánica	Maderable	Tipo de Dispersión de semillas		
		Sexual	Asexual			Anemocoria	Zoocoria	Hidrocoria
Güichire	<i>Attalea aff. maripa</i> (Aubl.) Mart.	SÍ	NO	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Pusú	<i>Oneocarpus</i> sp.	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Guarumo	<i>Cecropia latiloba</i> L.	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	NO
Alchornea	<i>Alchornea</i> sp.	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Amarillo	<i>Nectandra</i> sp.	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Lechudo	<i>Ficus maxima</i> Mill.	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Cordonsillo	<i>Piper aff. arboreum</i> Aubl.	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	NO
Peludo	<i>Duroia hirsuta</i> (Poepp.) K. Schum.	SÍ	NO	NO	NO	NO	SÍ	NO
Pavo	<i>Erythrina edulis</i> Triana ex Micheli	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Limonsillo	<i>Siparuna thecaphora</i> (Poepp. & Endl.) A. DC.	SÍ	NO	NO	NO	NO	SÍ	SÍ
Cenizo	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski.	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	NO
Lanzo	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Tunos	<i>Erythrina edulis</i> Triana ex Micheli	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Tuno	<i>Clidemia ciliata</i> Pittier	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Tuno	<i>Tococa guianensis</i> Aubl.	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO
Gaque cebollo	<i>Clusia insignis</i> Mart.	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ
Gaque blanco	<i>Tovomita parviflora</i> Cuatrec.	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ
Uva camarrera	<i>Psammisia penduliflora</i> (Dunal) Klotzsch	SÍ	NO	NO	NO	NO	SÍ	NO
Buena leña	<i>Phyllanthus attenuatus</i> Miq.	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Quince días	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ
Café	<i>Palicourea aff. amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	SÍ	SÍ	NO	NO	NO	SÍ	SÍ
Manzano	<i>Clethra fagifolia</i> Kunth	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ
Madroño	<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Frijolito	<i>Cassia</i> sp.	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Clavellino	<i>Calliandra</i> sp.	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Guayabito	Myrtaceae	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Hígado	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Pomarroso	<i>Syzygium jambo</i> (L.) Alston	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Arrayán	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Chizo	<i>Myrcia</i> sp.	SÍ	NO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Coca montañera	<i>Erythroxylum aff. macrophyllum</i> Cav.	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO
Grado	<i>Croton gossypifolius</i> Vahl	SÍ	NO	SÍ	NO	NO	SÍ	NO
Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	SÍ	NO	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Guaney	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO
Cafetero	<i>Trichantera gigantea</i> (Bonpl.) Nees	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO	SÍ	NO

- **Seguimiento fenológico a los árboles madre** (fuentes de recolección de plántulas y semillas)

Las especies pueden cumplir roles importantes en los ecosistemas, de tal forma que de ellas depende la persistencia de una gran cantidad de organismos (Ehrenfeld, 2000). Las especies seleccionadas constituyen la fuente de alimento de otros organismos, propician las condiciones que posibilitan la regeneración de las poblaciones (dispersión de semillas), regulan las cadenas tróficas, entre otros.

El éxito de la necesidad de regenerar los bosques está en función de un buen manejo o programa de abastecimiento de semillas; para asegurar esto, es necesario el conocimiento de la biología de la floración, la producción de semillas, la época del año en que florecen y fructifican los árboles, con el fin de programar las actividades relacionadas con el *pool* de semillas para la producción de plantas en vivero o el establecimiento de áreas bajo manejo de regeneración natural.

## **Sucesión asistida a través de la técnica de nucleación**

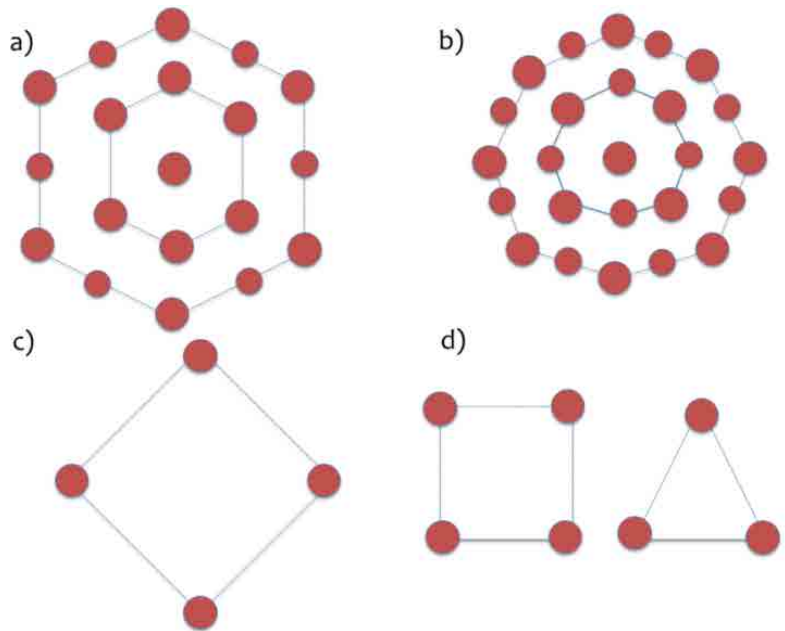
Las estrategias propuestas para la restauración del área de interés se enfocaron en: a) procesos de nucleación, y b) ampliación de bordes de bosque. Los primeros se abordan con la incorporación de las especies que presentan diversidad funcional en biotipos, síndromes de polinización y de dispersión; algunas arbustivas/arbóreas con altas tasas de renovación de biomasa aérea, rangos diferenciales de tolerancia a la luz y/o de persistencia después del disturbio.

Por otra parte, la ampliación de bordes en los fragmentos de bosque, logró aumentar el área total del remanente y disminuir el área de la matriz (para este estudio, áreas de uso agropecuario abandonadas), lo que reduce la distancia entre fragmentos e incrementa la conectividad. El diseño consistió en plantaciones lineales (franjas o bien plantaciones en cuadrado en función del área efectiva de intervención) de especies arbóreas/arbustivas seleccionadas igualmente a partir del análisis de atributos vitales.

Se planteó un diseño para el incremento de diversidad funcional mediante núcleos de regeneración natural, el cual consistente en establecer plantaciones de especies nativas de diversos grupos funcionales, sobre núcleos naturales identificados, principalmente sobre áreas de pastizales. Una vez caracterizados los núcleos y definida su extensión aproximada, se establecieron en plantación regular (para facilitar el monitoreo), con las siguientes características (Fig. 9 y Tabla 12):

- a) El tipo de plantación en hexágono responde a individuos de especies arbóreas. Se realiza en áreas donde en medio de la matriz de gramíneas se observan diversas especies nativas –principalmente arbustivas– colonizando en espacios abiertos. Se establecieron un total de 55 núcleos de este tipo. Igualmente, se crearon cinco núcleos (3 arbustivos y 2 arbóreos) en plantación del tipo octágono en pequeñas áreas inmersas entre bosques secundarios y matorrales abiertos.

- b) La plantación del tipo cuadrado, es aquella implementada en áreas pequeñas con fines de consolidar coberturas existentes; de este tipo se sembraron 278 núcleos.
- c) Finalmente, se realizaron dos tipos de siembras contiguo al curso de las quebradas, que por sus características de alta pendiente (quebradas muy encañonadas), se decidió abordarlas mediante diseño de siembra de tipo cuadrado (para el caso de la inclusión de palmas) o bien del tipo franjas longitudinales con siembra al tresbolillo. Se establecieron dos núcleos del tipo cuadrado para palmas en un área total de 100 m<sup>2</sup>; entre tanto, cerca de 6000 m<sup>2</sup> de forma longitudinal con otras especies nativas.



**Figura 9.** Tipo de plantaciones realizadas para la restauración en Sabanalarga. **a)** hexágono; **b)** octágono; **c)** cuadrado; **d)** cuadrado y triángulo (tresbolillo) para franjas y corredores de conectividad.



**Tabla 12.** Diseños de nucleación establecidos en las 25 ha intervenidas en Sabanalarga.

Tipo de núcleo	Cantidad de núcleos	Cantidad de módulos x núcleo	Área de núcleo (m <sup>2</sup> )	Cantidad individuos (módulo)	Total plantación (No. individuos)
Octágono (arbustivo)	3	4		37	444
Octágono (arbóreo)	2	4		17	200
Hexágono (arbóreo)	55	4		19	4180
Cuadrado	278	-	25	5	1390
Franja	-	-	6000	30-120	535
Cuadrado (Palmas)	2	-	100	100	188
Total	-	-	-	-	6937

## PROPAGACIÓN DE PLANTAS NATIVAS

La producción de material vegetal en un vivero depende de la calidad con la que las semillas y las plantas son recolectadas y tratadas; es preciso que las necesidades nutricionales sean atendidas, con el fin de minimizar los riesgos de pérdida, ya sea por factores climáticos, falta de nutrientes o riego (Orozco-Segovia & Sánchez-Coronado, 2013).

Dentro de las actividades de un vivero se realizan diferentes formas de compostaje y abonos verdes para mantener el crecimiento de las plantas de forma natural y orgánica; el compostaje es un proceso controlado de descomposición de la materia orgánica y residuos de alimentos de diferentes animales, en este caso, está elaborado a partir de una mezcla entre estiércol de bovino, equino, caprino, residuos orgánicos de cocina y hojarasca, además de esto, se agrega melaza y cal dolomita en una mezcla homogénea.

Un aspecto importante en las plantaciones es tener en cuenta las épocas efectivas, en las cuales puede realizar la siembra, para así garantizar el establecimiento de las mismas; adicionalmente, es necesario que se prepare eficientemente el área a restaurar, mantener una producción que coincida con las épocas de siembra y la elección de las especies que mejor se adapten a las actividades propuestas.

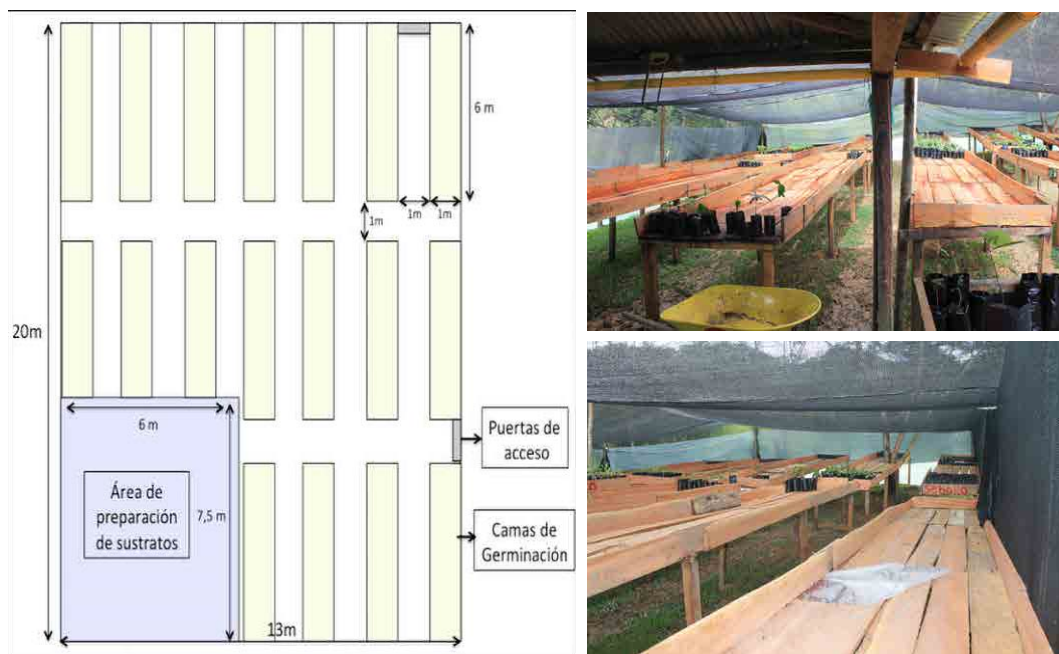
Se realizaron pruebas de propagación de las especies, así como nuevas mezclas y sustratos que ayudaron a mejorar los tratamientos para las especies, todo ello con el fin de realizar un proceso de propagación efectivo y replicable.

## ETAPA DE DISEÑO DEL VIVERO EN SABANALARGA

Para el diseño del vivero temporal se tuvieron en cuenta una serie de pasos que permitieran propagar el material vegetal, así: 1) una fuente constante de agua; 2) terreno con drenajes; 3) orientación del vivero óptima para el desarrollo de las plantas, y 4) equipos y materiales de propagación de plantas.

El vivero en Sabanalarga (Fig. 10), se diseñó sobre un área plana de 13 x 20 m, en el que se ubicaron las camas de germinación y mantenimiento de las plantas a propagar; el vivero se ubicó de tal forma que los vientos golpearan por la cara menos extensa (orientación sur-norte).

Se implementaron un total de 18 camas para propagación de material vegetal con medidas de 6x1 m, a 80 cm del suelo; un área de preparación de sustratos y compostajes de 6x7,5 m, y dos puertas de acceso y salida; asimismo, un área de almacenamiento de materiales y herramientas. El diseño contempla dos camas destinadas a germinación de semillas y 16 camas para mantenimiento y cuidado de las plantas propagadas. Este vivero fue de capacidad para 12000 plantas en bolsas de un kilo de capacidad (13x20 cm).



**Figura 10.** Vivero Sabanalarga.

## IDENTIFICACIÓN DE FUENTES SEMILLERAS

La exploración e identificación de las fuentes semilleras, surge del diagnóstico, y junto a recorridos (coberturas identificadas: pastizal, bosque ripario, bosque, arbustal, entre otros) en zonas aledañas, se identificaron los posibles candidatos a propagar, se les realiza un seguimiento fenológico con el fin de establecer épocas fértiles y de producción de semillas (Tabla 13).

**Tabla 13.** Atributos de las especies seleccionadas

MORFOLOGÍA	
Hábito de la planta (Árbol, Arbusto, Hierba, etc.)	El hábito hace referencia al tipo de crecimiento que presenta cada especie, también depende de factores como, la dureza de la madera, las ramas, el tamaño, etc.
Estructura (Cobertura de la copa, densidad de hojas, forma).	Esta refiere a la forma del individuo, también depende de la disposición y cantidad de ramas que tiene, la cantidad de hojas, el tamaño de las mismas, etc.
Hojas (tipo de hojas, tamaño, cantidad de materia seca, área foliar)	En este caso, la frondosidad de las hojas y el individuo en general, el estado físico de la planta madre (individuo donador de semillas), es indispensable a la hora de elegir al más apto para tomar sus semillas.
REPRODUCCIÓN	
Sexual (semillas)	Los procesos de germinación de las semillas dependen en gran parte de conocer el tipo de semilla con que se trabaja, la forma, el tamaño, la dureza, juegan un papel importante a la hora de generar los semilleros para las mismas, en general, las especies de plantas arbóreas generan semillas cuyo ciclo de germinación puede tardar meses, mientras que especies arvenses y arbustivas de semillas pequeñas y en grandes cantidades, pueden tener ciclos de germinación de días o semanas.
Asexual (estacas)	Muchas especies se logran propagar por medio estacas, este proceso consiste en cortar pequeñas secciones de las ramas y tallos de un individuo (sin poner en riesgo la integridad de la misma), con el fin de generar "clones" para propagar la especie.

## MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE SEMILLAS

Dentro de los métodos más comunes de recolección de semillas se encuentran:

*Caída natural:* consiste en la recolección de semillas del suelo, identificando que pertenezcan a la planta que estamos buscando (se debe conocer perfectamente la morfología de semillas de las especies a coleccionar) (Fig. 11A).

*Sacudimiento manual:* se realiza un zarandeo a la planta, que permite, que los frutos y semillas maduros caigan (se puede colocar una cubierta bajo el árbol para que la colecta de semillas sea más fácil y efectiva; aplica para árboles pequeños, arbustos y herbáceas).

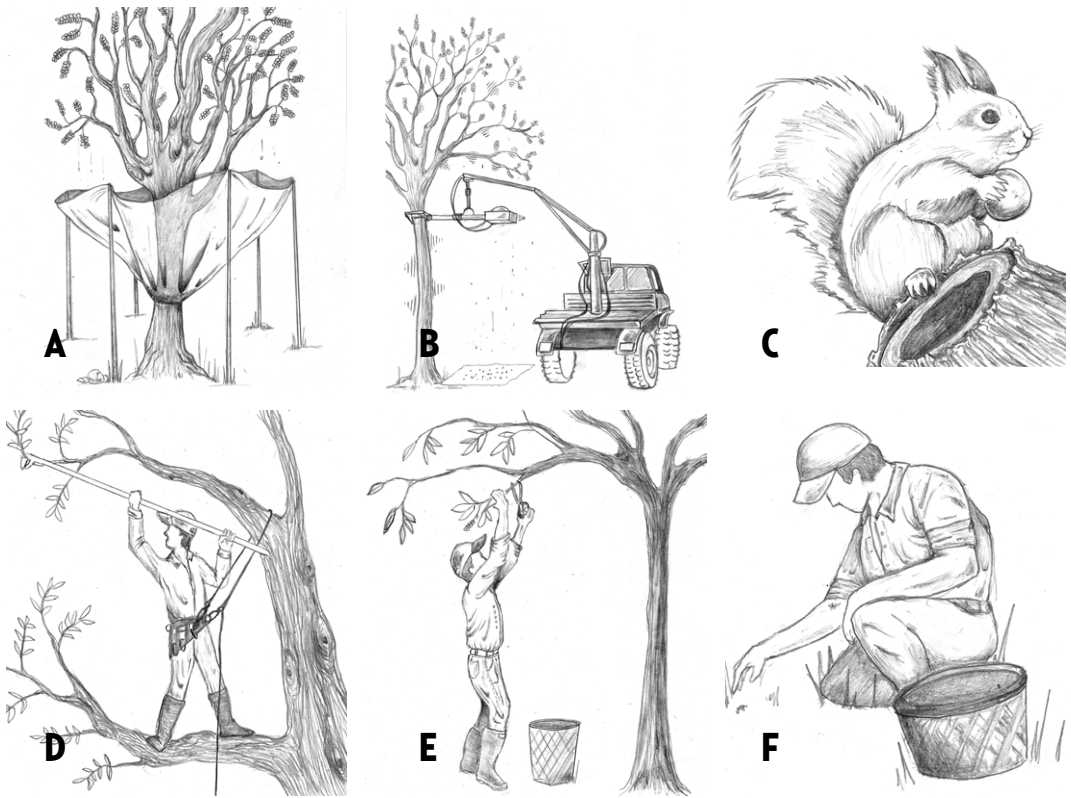
*Sacudimiento mecánico:* si se cuenta con la opción de tener acceso a maquinaria para realizar este tipo de recolección, se recomienda tener un protocolo de trabajo específico para recolección de las semillas (Fig. 11B).

*Escondites de animales:* en este caso se tiene en cuenta la dispersión por animales, se buscan los escondrijos y senderos por los que transitan para realizar captura de semillas (si se conoce la ecología de los animales, se pueden crear escondites artificiales) (Fig. 11C).

*Recolección en las copas de árboles:* implica conocimientos en ascenso o escalada de árboles para tener acceso a los árboles más grandes con los que se trabaja en un proceso de restauración (se debe contar con medidas de bioseguridad, ya que implica riesgo en alturas) (Fig. 11D).

*Recolección en árboles en pie con acceso desde el suelo:* se puede usar una escalera que permita acercarnos a la copa del árbol para tener acceso a las semillas (tener precauciones de trabajo en alturas) (Fig. 11E).

*Recolección manual:* es práctico en el sentido que, se coleccionan semillas por los senderos donde se transita, áreas de fácil acceso o colectas generales de plantas y semillas (es fundamental conocer la morfología de las semillas ya que se pueden cometer errores de propagación lo cual implica un gasto innecesario para el proyecto) (Fig. 11F).



**Figura 11.** Métodos de recolección de semillas. **A.** Caída natural; **B.** Sacudimiento mecánico; **C.** Escondites de animales; **D.** Recolección en las copas de árboles; **E.** Recolección en árboles en pie con acceso desde el suelo; **F.** Recolección manual general.

Todas las actividades mencionadas se practican en campo para la recolección de todo tipo de semillas, depende de las semillas que se encuentren o se estén buscando, del rodal de plantas y del sitio, este último nos permite identificar el método más adecuado en cada caso (Oliva et al., 2014).

## PROPAGACIÓN DE MATERIAL VEGETAL

Depende de la calidad de las semillas recolectadas, esta propagación se realiza con tratamientos pre germinativos y diseños que logren establecer el tipo de sustrato que presenta mejor afinidad con las especies a propagar (Fig. 12).



**Figura 12.** Propagación de material. **A.** Encapachado de plántulas; **B.** Vivero con material propagado; **C.** Marcaje de lotes de especies en vivero; **D.** Rescate de plántulas en el área.

### **Tratamientos pre-germinativos de las semillas**

Dentro de las especies vegetales, existen diferentes tipos de semillas, a las cuales se les deben realizar tratamientos pre-germinativos, estos tratamientos aumentan las probabilidades de germinación; en un vivero donde la accesibilidad a la tecnología es escasa, se ponen en práctica dos procesos básicos pero efectivos a la hora de detectar semillas viables y en buen estado para germinar, imbibición y despolpe de semillas (Fig. 13).

*Imbibición:* este proceso consiste en dejar las semillas en agua pura y a temperatura ambiente (24 a 72 horas dependiendo el tamaño de la semilla y la dureza de la testa). Es útil para acelerar el proceso germinativo de las semillas, se aplica a frutos con testa dura y frutos secos (arecáceas, lauráceas, clusiáceas, myrtáceas, leguminosas) (Fig. 13A).

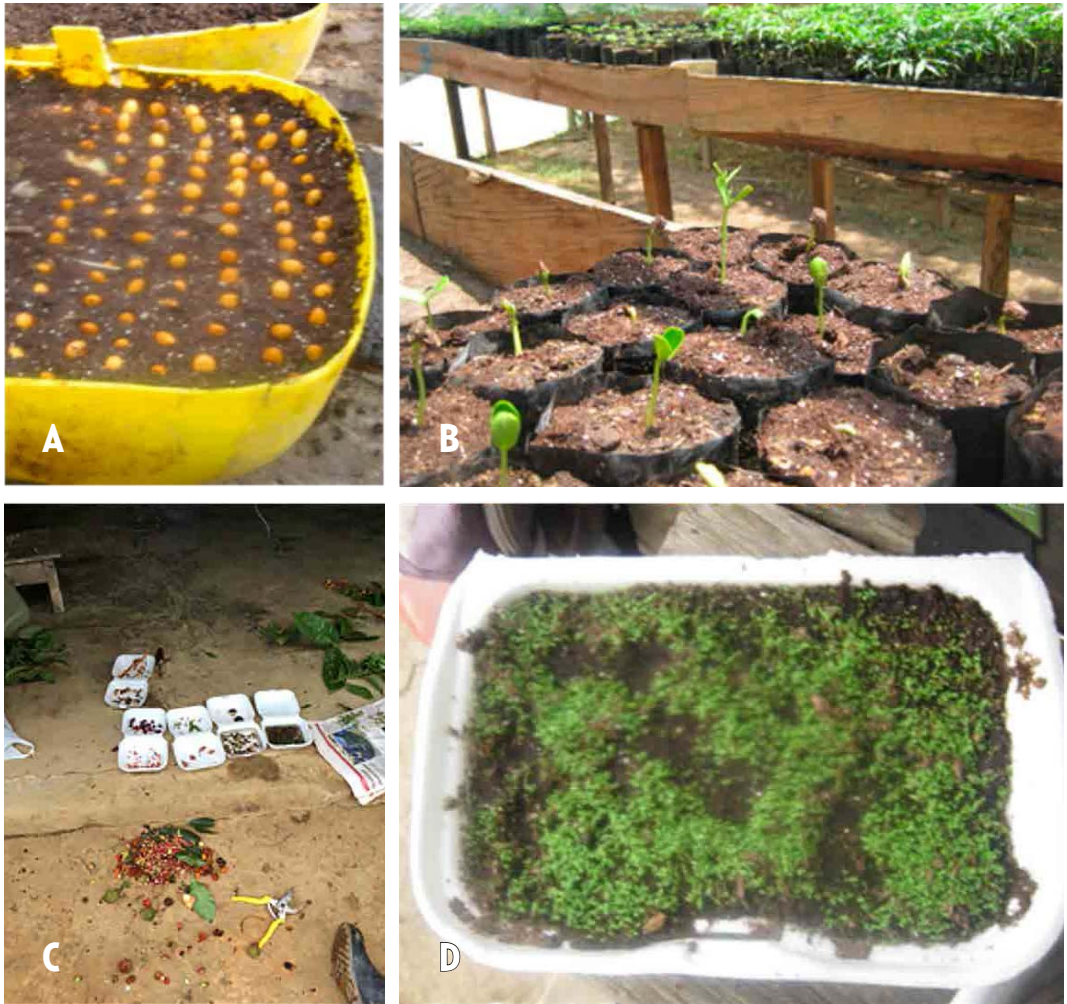
*Despulpe de frutos carnosos*: para este proceso, los frutos fueron depositados en agua limpia para ablandar la pulpa, del mismo modo que el anterior, el tiempo lo determina el tamaño de la semilla, por lo cual, se debe estar pendiente de no dejarlas mucho tiempo, ya que las semillas pueden podrirse. Posteriormente se maceran manualmente para separar la semilla, este proceso se realiza con suavidad de tal forma que la semilla no se vea afectada por daño mecánico (melastomátáceas, rubiáceas, euphorbiáceas, ericáceas, clusiáceas, siparunáceas, cecropiáceas) (Figs. 13B-C).



**Figura 13.** Tratamientos pre-germinativos. **A.** Imbibición; **B-C.** Depulpe de frutos carnosos.

### **Diseños experimentales para la siembra de semillas**

Las semillas se deben sembrar a una profundidad no mayor a su tamaño (Fig. 14A), en un sustrato blando, en casos específicos se puede usar Turba (Fig. 14B). Cuando no se tiene conocimiento de la ubicación del poro germinativo, la semilla se siembra de medio lado de tal forma que al momento de germinar no se atrofie el embrión. Otro buen sustrato es el Capote, que simula las condiciones de crecimiento particulares del bosque o su hábitat propio, lo que genera que las semillas tengan una mayor probabilidad de germinación y consumo de nutrientes.



**Figura 14.** **A.** Siembra de semillas en surcos, en sustrato de turba; **B.** Semilla sembradas directamente en bolsa en sustrato de turba; **C.** Selección de semillas de las especies a propagar; **D.** Siembra de semillas al boleto, en bandejas en sustrato de tierra negra.

Los resultados de la experiencia de propagación de material en el vivero de Sabanalarga, presentaron valores altos de germinación de semillas; de igual modo, el rescate de plántulas (en zonas de pastoreo activo) fue exitoso. Dadas las condiciones del terreno, las plántulas presentaban resistencia a los cambios de sustratos; por tanto, las tasas de supervivencia mejoraban respecto a las plántulas que se identificaban en campo. En la Tabla 14, se indican los porcentajes en germinación de semillas, y la supervivencia de plántulas y el tiempo que estuvieron en el vivero antes de la fase de endurecimiento (25-35 cm de alt.). Otras especies como *Trichantera gigantea* y *Eirmocephala brachiata*, presentaron mejores resultados al ser propagadas por estaca (Tabla 15).



**Tabla 14.** Especies propagadas por semilla o rescate de plántulas, porcentajes de supervivencia de semillas y plántulas, y tiempos de duración en el vivero.

Nombre común	Nombre científico	Propagado por rescate de plántulas	Propagado por semilla	Germinación de semillas (%)	Supervivencia de plántulas rescatadas (%)	Tiempo de crecimiento en vivero
Manzano	<i>Clethra fagifolia</i> Kunth	SÍ	SÍ	10	50	6-8 meses
Alchornea	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp.	SÍ	NO	-	95	4-6 meses
Güichire	<i>Attalea aff. maripa</i> (Aubl.) Mart.	SÍ	SÍ	90	90	6-9 meses
Guarumo	<i>Cecropia latiloba</i> Miq.	NO	SÍ	96	-	2-4 meses
Tuno	<i>Clidemia ciliata</i> Pittier	NO	SÍ	95	-	12 meses
Gaque cebollo	<i>Clusia insignis</i> Mart.	SÍ	SÍ	85	89	10-12 meses
Gaque blanco	<i>Tovomita parviflora</i> Cuatrec.	SÍ	SÍ	83	87	10-12 meses
Grado	<i>Croton gossypifolius</i> Vahl	SÍ	NO	-	70	4-6 meses
Peludo	<i>Duroia hirsuta</i> (Poepp.) K. Schum.	SÍ	NO	-	75	8-12 meses
Pavo	<i>Erythrina edulis</i> Triana ex Micheli	SÍ	NO	-	93	4-6 meses
Guaney	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	NO	SÍ	78	-	4-6 meses
Coca montañera	<i>Erythroxylum aff. macrophyllum</i> Cav.	NO	SÍ	90	-	8-12 meses
Lechudo	<i>Ficus máxima</i> Mill.	SÍ	NO	-	93	4-6 meses
Madroño	<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel	NO	SÍ	87	-	8-12 meses
Uva camarera	<i>Psammisia penduliflora</i> (Dunal) Klotzsch	NO	SÍ	50	-	18-24 meses
Tunos	<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	NO	SÍ	90	-	12 meses
Arrayán	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	SÍ	NO	-	85	6-8 meses
Chizo	<i>Myrcia</i> sp.	SÍ	NO	-	87	6-8 meses
Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	SÍ	NO	-	75	8-10 meses
Higado	<i>Neea</i> sp.	SÍ	NO	-	92	4-6 meses
Pusu	<i>Oneocarpus</i> sp.	NO	SÍ	40	-	12 meses
Café	<i>Palicourea aff. amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	NO	SÍ	15	-	12 meses
Amarillo	<i>Nectandra</i> sp.	SÍ	NO	-	86	8-12 meses
Cordonsillo	<i>Piper aff. arboreum</i> Aubl.	SÍ	SÍ	10	90	4-6 meses
Cenizo	<i>Piptocoma discolor</i> (Kunth) Pruski.	SÍ	NO	-	94	6-8 meses
Limonsillo	<i>Siparuna thecaphora</i> (Poepp. & Endl.) A. DC.	SÍ	NO	-	89	8-10 meses
Pomarroso	<i>Syzygium jambo</i> (L.) Alston	NO	SÍ	83	-	6-8 meses
Quince dias	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	SÍ	SÍ	80	83	4-6 meses
Tuno	<i>Tococa guianensis</i> Aubl.	NO	SÍ	90	-	12 meses
Cafetero	<i>Trichantera gigantea</i> (Bonpl.) Nees	NO	NO	-	-	4-6 meses
Lanzo	<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	SÍ	SÍ	35	75	6-8 meses
Indio viejo	<i>Eirmocephala brachiata</i> (Benth.) H. Rob.	NO	NO	-	-	4-6 meses
Huesito	<i>Casearia</i> sp.	SÍ	NO	-	90	8-10 meses
Clavellino	Fabaceae sp.	SÍ	NO	-	87	8-10 meses

Nombre común	Nombre científico	Propagado por rescate de plántulas	Propagado por semilla	Germinación de semillas (%)	Supervivencia de plántulas rescatadas (%)	Tiempo de crecimiento en vivero
Frijolito	Fabaceae sp. 2	NO	SÍ	91	-	8-10 meses
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	NO	SÍ	90	-	6-8 meses
Higado negro		SÍ	NO	-	80	12 meses
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	NO	SÍ	80	-	8-10 meses
Buena leña		NO	SÍ	50	-	8-10 meses
Guayabito	Myrtaceae	SÍ	NO	-	84	8-10 meses

**Tabla 15.** Especies propagadas por estaca, porcentaje de supervivencia y tiempo de mantenimiento en vivero.

Nombre común	Nombre científico	Reproducción	Supervivencia	Tiempo de crecimiento en vivero
Cafetero	<i>Trichantera gigantea</i> (Bonpl.) Nees	Estaca	70%	4-6 meses
Indio viejo	<i>Eirmocephala brachiata</i> (Benth.) H. Rob.	Estaca	30%	4-6 meses

## Endurecimiento

En la naturaleza, el endurecimiento de las plantas es un proceso que ocurre espontáneamente, gracias a ello, las plantas se aclimatan para sobrevivir o crecer bajo situaciones de estrés. Un ejemplo de endurecimiento es el aumento de la resistencia a las heladas que experimentan muchas especies, por ejemplo, la adaptabilidad que presentan en zonas donde el cambio estacional (verano, otoño, invierno y primavera) las someten a estrés extremo (Burr, 1990; van den Driessche, 1989).

Se realizaron varios procesos para realizar una correcta etapa de endurecimiento en las plantas, para esta práctica los métodos principales son:

1. Endurecimiento por estrés hídrico;
2. Reducción del aporte de fertilizantes (endurecimiento nutricional), y
3. Endurecimiento por bajas temperaturas (espacios abiertos sin protección al clima).

El endurecimiento se realizó mediante reubicación del material del vivero (Fig. 15), junto a exposición directa y riego limitado (estrés hídrico). Lo anterior, se corrobora aproximadamente en dos meses para desarrollar una mayor resistencia a condiciones ambientales. Este proceso, permitió un mejor establecimiento en campo y un mayor grado de adaptabilidad.



**Figura 15.** Traslado de material al área de endurecimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alberico, M., Cadena, A., Hernández-Camacho, J. & Muñoz-Saba, Y. 2000. Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana*, 1(1): 43-75.
- Alcaldía Municipal de Sabanalarga en Casanare. 2018. Municipio. Disponible en: <http://www.sabanalarga-casanare.gov.co/tema/municipio>
- Andersen, A.N. & Brault, A. 2010. Exploring a new biodiversity frontier: Subterranean ants in northern Australia. *Biodiversity Conservation*, 19(9): 2741-2750.
- Arcila, A.M. & Lozano-Zambrano, F.H. 2003. Hormigas como herramientas para la bioindicación y el monitoreo. Capítulo 9. En: *Introducción a las hormigas de la región neotropical*. XXVI, p. 159-166. Fernández, F. (Ed.). Bogotá, Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Arias, F., Alvarado, A., Mata, R., Serrano, E. & Laguna, J. 2010. Relación entre la mineralogía de la fracción arcilla y la fertilidad en algunos suelos cultivados con banano en las llanuras aluviales del Caribe de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 34(2): 223-236.
- Armbrecht, I., Rivera, L. & Perfecto, I. 2005. Reduced diversity and complexity in the leaf-litter ant assemblage of Colombian coffee plantations. *Conservation Biology*, 19(3): 897-907.

- Barrantes G. & Pereira A. 2002. Seed dissemination by frugivorous birds from forest fragments to adjacent pastures on the western slope of Volcán Barva, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 50: 569–575.
- Bolton, B. 1994. Identification guide to the ant genera of the world. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Burr, K. 1990. The target seedling concepts: bud dormancy and cold-hardiness. pp. 79–90. En: Rose, R. Campbell, S. & Landis, T. (Eds.). Target Seedling Symposium: Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations. Roseburg, Oregon, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- Cárdenas-Arévalo, G. & Vargas-Ríos, O. 2008. Rasgos de historia de vida de especies en una comunidad vegetal alterada en un páramo húmedo (Parque Nacional Natural Chingaza). *Caldasia*, 30(2): 245–264.
- Castellanos-Castro, C. & Bonilla, M.A. 2011. Grupos funcionales de plantas con potencial uso para la restauración en bordes de avance de un bosque altoandino. *Acta Biológica Colombiana*, 16(1): 153–174.
- Chaparro S., Echeverry M.A., Córdoba S. & Sua A. 2013. Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana*, 14(2): 235–272.
- CITES. 2017. Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre <http://www.cites.org/esp/index.shtml>.
- CORPES, Consejo Regional de Planificación Económica y Social de la Orinoquía. 1990. La Orinoquía Colombiana. Disponible en: <http://babel.banrepcultural.org/cdm/ref/collection/p17054coll10/id/2821>
- Del Hoyo, J. & Collar N.J. 2014. HBW and BirdLife International Illustrated Checklist of the Birds of the World. Vol 1: Non-Passerines. Lynx Edicions, Barcelona.
- Dirzo, R. & García, M.C. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology*, 6(1): 84–90.
- Domínguez-Haydar, Y. & Armbrecht, I. 2011. Response of ants and their seed removal in rehabilitation areas and forests at El Cerrejón coal mine in Colombia. *Restoration Ecology*, 19(201): 178–184.
- Domsh, K., Gams, W. & Anderson, T. 1980. Compendium of soil fungi, Vol 1, Part I. Estados Unidos: Academic Press. 27p.
- Ehrenfeld, J.G. 2000. Defining the limits of restoration: the need for realistic goals. *Restoration Ecology*, 8(1): 2–9.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phin, S. & Possingham, H. 2006. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia.
- Fajardo, D., Domínguez, C., Molano, J., Rangel, O., Defler, T., Rodríguez, J.V., Cavelier, I., Gómez, A., Pérez, H., Baraona, G., Mejía, M., Romero, M.E., Díaz, H.L., Aguilar, O. & Galeano, C. 1998. Colombia Orinoco. Colombia, Fondo para la Protección del Medio Ambiente.
- Fernández, F. & Arias-Penna, T.M. 2008. Las hormigas cazadoras en la región Neotropical. *Revista Colombiana de Entomología*, 36(1): 127–134.
- Ferrer, A., Beltrán M., Díaz A., Trujillo F., Mantilla H., Herrera O., Alfonso A. & Payán E. 2009. Lista de los mamíferos de la cuenca del río Orinoco. *Biota Colombiana*, 10(1 y 2): 179–207.

- Figuerola, J.A. & Castro, S.A. 2002. Effects of bird ingestion on seed germination of four woody species of the temperate rainforest of Chiloé Island, Chile. *Plant Ecology*, 160: 17-23.
- Fonseca, C.R. & Ganade, G. 2001. Species functional redundancy, random extinctions and the stability of ecosystems. *Journal of Ecology*, 89(1): 118-125.
- Gardner, T.A., Hernández, M.I.M., Barlow, J. & Peres, C.A. 2008. Understanding the biodiversity consequences of habitat change: the value of secondary and plantation forests for Neotropical dung beetles. *Journal Applied Ecology*, 45(3): 883-893.
- Gobernación de Casanare. 2018. Localización. Disponible en: <https://www.casanare.gov.co/index.php?idcategoria=1196>
- Greenshields, L., Guosheng, L., Feng, J., Selvaraj, G. & Wei, Y. 2007. The siderophore biosynthetic gene *SID1*, but not the ferroxidase gene *FET3*, is required for full *Fusarium graminearum* virulence. *Mol. Plant Pathol.*, 8: 411-421.
- Hérault, B., Honnay, O. & Thoen, D. 2005. Evaluation of the ecological restoration potential of plant communities in Norway spruce plantations using a life-trait based approach. *Journal of Applied Ecology*, 42(3): 536-545.
- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. 1990. *The ants*. Harvard University Press.
- Huang, W.L., Ping, P.A., Yu, Z.Q. & Fu, H.M., 2003. Effects of organic matter heterogeneity on sorption and desorption of organic contaminants by soils and sediments. *Appl. Geochem.*, 18: 955-972.
- IDEAM. 2010. *Leyenda nacional de coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Bogotá, D.C., Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1992. *Atlas de Colombia*.
- IUCN 2017. *The IUCN Red List of Threatened Species*. <<http://www.iucnredlist.org>>
- Lafleur, B., Hooper L., Mumma, E. & Geaghan, J.P. 2005. Soil fertility and plant growth in soils from pine forests and plantations: Effect of invasive red imported fire ants *Solenopsis invicta* (Buren). *Pedobiologia*, 49(5): 415-423.
- Laurance, W.F., Lovejoy, T.E., Vasconcelos, H.L., Bruna, E.M., Didham, R.K., Stouffer, P.C., ... & Sampaio, E. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology*, 16(3): 605-618.
- Laverde, O. & Gómez, F. 2016. *Las aves de Santa María. Serie guías de campo del Instituto de Ciencias Naturales N° 16*. Bogotá, D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Martinsen, V., Alling, V., Nuria, N., Mulder, J., Hale, S., Ritz, C., Rutherford, D., Heikens, A., Breedveld, G. & Cornelissen, G. 2015. pH effects of the addition of three biochars to acidic Indonesian mineral soils. *Journal Soil Science and Plant Nutrition*, 61: 821-834.
- McNish, T. 2007. *Las aves de los llanos de la Orinoquía*. Colomboandina de Impresos S.A. Colombia.
- Mora-Fernández, C. & Peñuela-Recio, L. (Eds.). 2013. *Guía de campo. Flora y fauna de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, Casanare Colombia. Serie Biodiversidad para la Sociedad No. 3*. Yoluka ONG,

- Fundación de investigación en biodiversidad y conservación, Fundación Horizonte Verde y Ecopetrol S.A. 350 p.
- Mummey, D., Stahl, P. & Buyer, J. 2002. Soil microbiological and physiochemical properties 20 years after surface mine reclamation: Comparative spatial analysis of reclaimed and undisturbed ecosystems. *Soil Biology Biochemistry*, 34: 1717-1725.
- Naranjo, L.G., Amaya, J.D., Eusse-González, D. & Cifuentes-Sarmiento, Y. (Eds.). 2012. Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. 708 p.
- Nichols, E., Larsen, B., Spector, S., Davis, L., Escobar, F., Favila, M. & Vulinec, K. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 137: 1-19.
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amézquita, S., Favila, M.E. & The Scarabaeinae research network. 2008. Ecological functions and ecosystems services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6): 1461-1474.
- Oliva, M., Vacalla, F., Pérez, D. & Tucto, A. 2014. Manual recolección de semillas de especies forestales nativas: experiencias en Molinopampa, Amazonas, Perú. Organización Internacional de las Maderas Tropicales.
- Orozco-Segovia, A. & Sánchez-Coronado, E. 2013. Germinación. En: Márquez-Guzmán, J., Collazo-Ortega, M., Martínez-Gordillo, M., Orozco-Segovia, A. & Vázquez-Santana, S. (Eds.), p. 212-240. *Biología de Angiospermas*. Ciudad de México: Las Prensas de Ciencias.
- Palacio, E. & Fernández, F. 2003. Clave para las subfamilias y géneros. En: Introducción a las hormigas de la región Neotropical, pp. 233-260. Fernández, F. (ed.). Bogotá, Colombia Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Pardo-Vargas, L.E. & Payán-Garrido, E. 2015. Mamíferos de un agropaisaje de palma de aceite en las sabanas inundables de Orocué, Casanare, Colombia. *Biota Colombiana*, 16(1): 54-66.
- Peñuela, N. 2010. El fenómeno de la migración en aves: una mirada desde la Orinoquía. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, DC.
- Peñuela, L., Castro, F. & Ocampo-Peñuela, N. 2011. Las Reservas Naturales del Nodo Orinoquía en su rol de conservación de la biodiversidad. Fundación Horizonte Verde y Resnatur. 104 p.
- Peñuela-Díaz, G., Calonge-Camargo, B. & Aristizábal-G., H. 2016. Aves y mamíferos presentes en el distrito regional de manejo integrado Cuchillas Negra y Guanaque. Ecopetrol. Corporación Autónoma Regional de Chivor. E-qual servicios ambientales. 365 p.
- Pywell, R.F., Bullock, J.M., Roy, D.B., Warman, L.M.Z., Walker, K.J. & Rothery, P. 2003. Plant traits as predictors of performance in ecological restoration. *Journal of Applied Ecology*, 40(1): 65-77.
- Ramírez-Chávez, H. & Suárez-Castro, A. 2014. Adiciones y cambios a la lista de mamíferos de Colombia: 500 especies registradas para el territorio nacional. *Mammalogy Notes - Notas Mastozoológicas Sociedad Colombiana de Mastozoología*, 1(2): 31-34.

- Renjifo, L.M., Amaya-Villareal, A.M., Burbano-Girón, J. & Velásquez-Tibatá, J. 2016. Libro rojo de aves de Colombia Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia.
- Renjifo, L.M., Gómez, F., Velásquez-Tibatá, J., Amaya-Villareal, A.M., Kattan, G.H., Amaya-Espinel, J.D. & Burbano-Girón, J. 2014. Libro rojo de aves de Colombia, Volumen I: Bosques de los Andes y la costa Pacífica. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 462 p.
- Salaman, P., Donegan, T. & Caro, D. 2009. Listado de las Aves de Colombia. Conservación Colombiana, 5: 1-85.
- Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J.V., Thomas, R., Defler, H., Ramírez-Chaves, E. & Trujillo, F. 2013. Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia, *Mastozoología Neotropical*, 20(2): 301-365.
- Suazo-Ortuño, I., Alvarado-Díaz, J., Mendoza, E., López-Toledo, L., Lara-Uribe, N., Márquez-Camargo, C.,... & David Rangel-Orozco, J. 2015. High resilience of herpetofaunal communities in a human-modified tropical dry forest landscape in western México. *Tropical Conservation Science*, 8(2): 396-423.
- Tirira, D.G. 2007. Mamíferos del Ecuador. Guía de campo. Quito: Ediciones Murciélagos Blanco. Publicación Especial de los Mamíferos del Ecuador.
- Usma, J.S. & Trujillo F. (Eds.). 2011. Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas estratégicos del departamento. Gobernación de Casanare - WWF Colombia. Bogotá, D.C. 286 p.
- Van den Driessche, R. 1989. Changes in osmotic potential of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings in relation to temperature and photoperiod. *Canadian Journal Forest Research*, 19: 413-421.
- Wagner, D., Jones, J.B. & Gordon, D.M. 2004. Development of harvester ant colonies alters soil chemistry. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(5): 797-804.
- Wahlberg, N., Grimaldi, D. & Engel M.S. (2006). Evolution of the insects. *Systematic Biology*, 55(4): 692-693. <https://doi.org/10.1080/10635150600755461>
- Wilson, E.O. 2000. Foreword. En: *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Agosti, D., Majer, J.D., Alonso, L.E. & Shultz, T.R. Washington: Smithsonian institution press.

