

CAPÍTULO 4 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE ANDINO EN LA VERTIENTE ORIENTAL DEL PNN SYA (HATO, SANTANDER): DIAGNÓSTICO Y DISEÑO



Diana Patricia Caro-Melgarejo^{1,2}, Viviana Maritza Alvarado-Fajardo^{1,2}, Daniel Augusto Rincón-Puerta², Fabio Villamizar Durán³, Irwin Duarte Sánchez³, Angélica María Cogollo Calderón³, Harold Moreno Valderrama³, Paulina Alejandra Vergara-Buitrago², Pablo Andrés Gil-Leguizamón², David Ricardo Hernández-Velandia^{1,2}, Óscar Felipe Moreno-Mancilla², Andrés Leonardo Ovalle-Pacheco², Javier Andrés Muñoz-Avila^{1,2}, Andrés Felipe Morales-Alba^{1,2}, John Edison Reyes Camargo², Wilderson Medina², Jhonifer Afanador Rodríguez⁴, Isnardo Cala Esteves⁴, Wilson Fernando Corzo Rojas⁴, Diana Marcela Restrepo-Quiceno², Laura Angélica Ortiz Murcia², William Javier Bravo Pedraza²

¹Maestría en Ciencias Biológicas. Escuela de Posgrados. Facultad de Ciencias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

²Grupo de Investigación Sistemática Biológica (SisBio), Herbario UPTC. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

³Parques Nacionales Naturales de Colombia, Dirección Territorial Andes Nororientales, Bucaramanga.

⁴Viverista, integrante de la comunidad PNN SYA.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PNN

El Parque Nacional Natural Serranía de Los Yarigués (PNN SYA), está localizado en los Andes Nororientales de Colombia, hace parte de la estribación occidental de la cordillera Oriental, y se ubica en el sector centro occidental del departamento de Santander, en las provincias de Mares y Comunera, con jurisdicción en siete municipios: El Carmen de Chucurí, Chima, Hato, Galán, Santa Helena del Opón, San Vicente de Chucurí y Simacota (MAVDT, 2005a; 2005b; 2008) (Fig. 1).

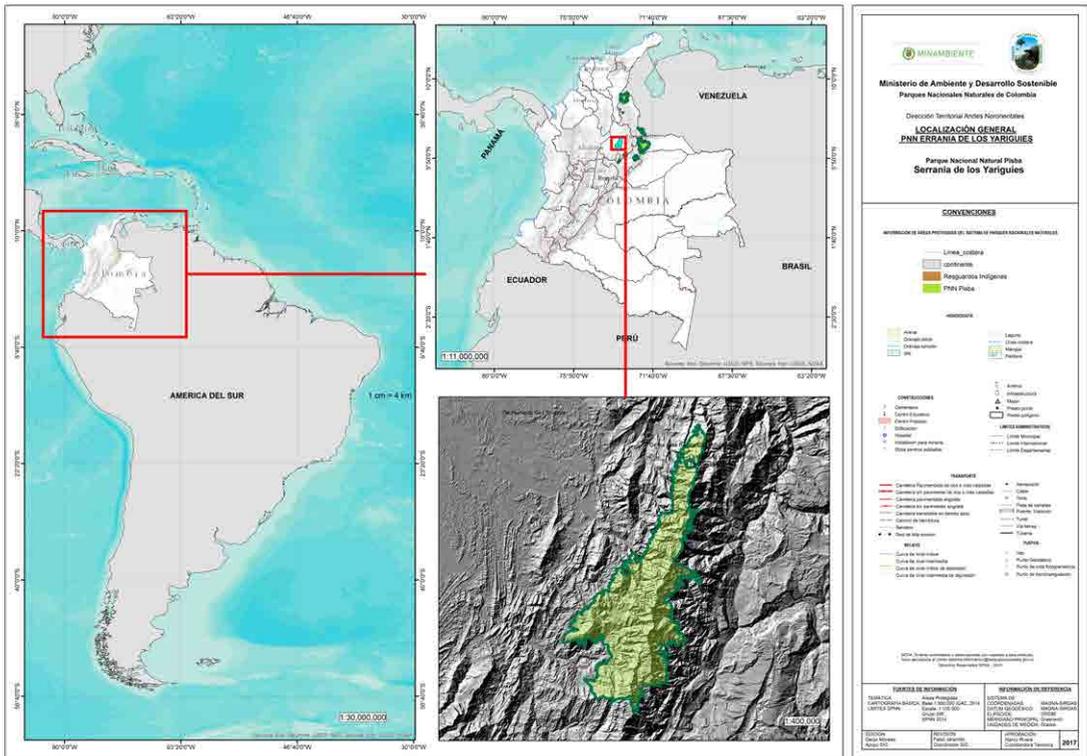


Figura 1. Localización del Parque Nacional Natural Serranía de Los Yarigués PNN SYA (tomado de Moreno & Tinjacá, 2018).

PNN SYA corresponde al área de mayor extensión y más conservada de bosque en el departamento de Santander (CAS, 2005); aquí se vinculan parte de las subzonas hidrográficas Sogamoso (10.972 hectáreas), Suárez (14.634 hectáreas) y Opón (33.398 hectáreas), proveedoras de agua para el consumo humano y actividades agropecuarias en la Subregión de Los Yarigués, también son aportantes al caudal promedio efectivo del proyecto Hidroeléctrico de Sogamoso, además de ser fundamentales para el sostenimiento de los humedales del Magdalena Medio (CAS, 2005; 2006; ISAGEN S.A., 2008; Quintero-León, 2008).

En PNN SYA se han encontrado 538 especies de plantas, distribuidas en 136 familias, siendo Melastomataceae, Rubiaceae, Asteraceae, Fabaceae, Lauraceae y Euphorbiaceae las familias con el mayor número de especies (Ayala, 2016). Por otro lado, se han registrado 82 especies de mamíferos, de estos, 56 son terrestres, 26 murciélagos, así también dos son endémicas para el país; *Ateles hybridus hybridus* (mono araña), *Aotus cf. lemurinus* (mono nocturno), *Tremarctos ornatus* (oso andino), *Lontra longicaudis* (nutria de río), *Panthera onca* (jaguar), *Dinomys branickii* (guagua loba), *Tayassu pecari* (zaino) y *Mazama Rufina* (venado) se encuentran en alguna categoría de amenaza de acuerdo con la UICN (Briceño, 2005; Villanueva, 2006; Fundación Panthera, 2010; López, 2011). Igualmente, en grupos como los reptiles y anfibios se han registrado 26 y 31 especies respectivamente, siendo *Andinobates virolinensis*, endémica de los Andes nororientales, además de estar en categoría En peligro de extinción (ISA, 2002; Montealegre, 2006; Calderón-Espinosa, 2011). Se encuentran también, 23 especies de peces, donde 22 son de hábitos superficiales y uno es troglodítico (Duarte-Sánchez & Mantilla-Barbosa, 2011), indicando así el 19,8% del total de especies presentes en Santander (Castellanos-Morales et al., 2011). En PNN SYA se hayan 253 mariposas diurnas (Huertas & Donegan, 2006; Andrade, 2011), una de estas especies (*Idioneurela donegani*) es nueva para la ciencia (Huertas & Arias, 2007), e igualmente, se registran 45 especies de escarabajos coprófagos (Rosado & Arias, 2006; Morales-Castaño et al., 2010), y 21 especies de libélulas y caballitos del diablo (Duarte-Sánchez & Garzón-Sanabria, 2011).

Teniendo en cuenta lo anterior, se tiene un amplio argumento para que el PNN SYA sea considerado un representante significativo para Santander y su comunidad, a nivel de conservación de su riqueza y biodiversidad de fauna y flora, en general de sus recursos genéticos, y sin dejar de lado los servicios ecosistémicos y mitigación frente a la variabilidad climática.

4.2 ¿QUÉ DESCUBRIMOS EN EL SECTOR DE LA GOLCONDA?

Los proyectos de restauración ecológica se planifican a partir de unos objetivos y metas que se establecen bajo una temporalidad, teniendo en cuenta que las dinámicas ecológicas como la regeneración natural, están determinadas por una escala de tiempo. Estos objetivos y metas a corto, mediano y largo plazo, permiten una mejor planeación de los proyectos, así como, medir su efectividad. Para clarificar y establecer la recuperación de un ecosistema degradado (objetivos y metas) en un proyecto de restauración, es indispensable conocer o diagnosticar el nivel de degradación del área a intervenir, a partir de caracterizaciones biofísicas que permitan identificar sistemas de referencias (a partir de la composición y recopilación de diversas fuentes de referencia de fauna y flora nativos, además de información bióticas y abióticas), como base o modelo para establecer las metas de restauración del ecosistema a ser intervenido (SER, 2004).

Con la información generada a partir de estas caracterizaciones, es posible identificar el potencial o capacidad de resiliencia, o de restauración del área específica, y evidenciar atributos ecológicos –en los diferentes niveles de organización biológica– que pueden ser potenciados y contribuyan a la recuperación del sistema. Es decir, la caracterización de múltiples referencias secuenciales, permite reflejar con mayor detalle, los cambios que se preverían intrínsecamente en el ecosistema a través del tiempo. Lo anterior permite proyectar o modelar las trayectorias ecológicas, y a su vez, diseñar la estrategia de restauración más adecuada de acuerdo a las condiciones de degradación y el potencial de restauración.

En este capítulo se destacan resultados logrados en dichas caracterizaciones, las cuales incluyeron componentes bióticos y socioeconómicos, que en su conjunto determinaron el estado de degradación en el sector de la Golconda y siendo este, el insumo base para la propuesta de restauración ecológica (ver Capítulo 5, Restauración Ecológica del Bosque Andino en la vertiente oriental del PNN SYA, Hato, Santander: avances).

HISTORIA DEL ÁREA

Las áreas protegidas de nuestro país enfrentan diversas amenazas para la conservación de su diversidad y los servicios ecosistémicos que ellas ofrecen, dentro de las amenazas más importantes se encuentra la fragmentación de hábitats. Para el caso de la Serranía de Los Yariquíes, en las décadas previas a la declaratoria como Parque Nacional Natural, su territorio se vio afectado por el desarrollo de actividades socioeconómicas que conllevaron al cambio del uso del suelo, así como el aumento de las prácticas agropecuarias poco sostenibles, dichas prácticas redundaron en disminución de la productividad de los suelos y presión sobre el bosque andino dada por la ampliación de la frontera agrícola (información derivada de encuestas y trabajo con la comunidad).

En la vereda Hoya Negra, las actividades económicas han sido principalmente agrícolas, con variados tipos de cultivos en diferentes épocas; así, durante el siglo XIX, predominaron los cultivos de algodón y tabaco; posteriormente, a mediados del siglo XX, se desarrollaron los de caña panelera, cacao, maíz, yuca, cítricos como naranja, mandarina, limón, con el producto principal que es el café por sombrero. Hacia los años 60, se introduce una nueva actividad e inicia la consolidación de actividades pecuarias basadas en el ganado bovino. En adición a esta historia de uso del suelo, estos tienen una topografía inclinada con erosión desde ligera hasta severa, profundidad efectiva superficial y baja fertilidad; lo anterior, genera alta susceptibilidad a procesos erosivos severos (información derivada de encuestas y trabajo con la comunidad).

A partir de la creación de este Parque Nacional Natural, se han evidenciado cambios en el uso del suelo en la mayor parte de su territorio. En el área correspondiente a la microcuenca de la quebrada Cincomil, se han observado extensas áreas de pastizales, así como, cultivos comerciales y de pancoger abandonados. Para el caso

puntual en el sector de la Golconda, se observaron pastizales con diferente tiempo de abandono, y por ende, en diferente estado de sucesión, con dominancia de especies de gramíneas exóticas, entre ellas, *Urochloa decumbens* especie que fue sembrada en el área como alimento para los semovientes.

En tiempos recientes (los últimos 15 años), la ganadería extensiva representó el uso principal del suelo en el sector de la Golconda, con una carga de hasta 150 cabezas de ganado y seis mulares de forma permanente; adicionalmente, existieron sembradíos de maíz, zanahoria, papa guata, papa criolla, soya, maní, plátano y yuca. La plantación de las especies mencionadas y el mantenimiento de especies exóticas de gramíneas en áreas de pastoreo condujeron al uso de "quemadas controladas", previas a las plantaciones o con el fin de estimular rebrotes; así mismo, sectores de pastizales abiertos fueron sometidos al uso de herbicidas (p. ej.: 2,4-D, Éster butílico), con el objetivo de disminuir la competencia con especies generalistas nativas y naturalizadas (información derivada de encuestas y trabajo con la comunidad).

De igual forma, durante varias décadas, se afectaron áreas de bosque secundario presentes en el área con extracción de especies maderables conocidas en el sector con los nombres de pino colombiano (*Retrophyllum rospigliosii*), roble (*Quercus humboldtii*), amarillo (*Handroanthus chrysanthus*) y punte (*Ocotea* sp.). En la última década, la extracción de especies de este tipo fue para autoconsumo (cercas, corrales, etc.) (información derivada de encuestas y trabajo con la comunidad).

Al momento de la declaratoria de la Serranía de Los Yariguíes como área protegida, el sector de la Golconda, tenía el carácter de propiedad privada y según el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de Hato, estaba destinado a potrerización, de allí que el uso de sus suelos fuera primordialmente para actividades de ganadería (EOT, 2002).

Dado el deterioro causado en el área durante las décadas de actividades agropecuarias, la Dirección Territorial Andes Nororientales de Parques Nacionales, evidenció la necesidad de generar acciones para la recuperación ecológica de los ecosistemas estratégicos allí presentes. Es así como, en el año 2015, esta área es propuesta formalmente por Parques Nacionales Naturales de Colombia a Ecopetrol S.A. como área para la compensación, de acuerdo a lo dispuesto en la Resolución 1306 de 2012.

Lo anterior se materializó con la expedición por parte de la ANLA, de la Resolución 0201 de 2015, en la cual se autoriza a Ecopetrol S.A., la compra y adquisición del sector de la Golconda como proyecto de compensación ambiental. De este modo, Ecopetrol S.A. y Parques Nacionales acuerdan abordar la restauración ecológica de 16,18 ha en el área mencionada del PNN SYA, buscando avanzar en la recuperación de áreas afectadas por pastoreo y entresaca de especies forestales, así como, generar conocimiento sobre el desarrollo y comportamiento de las especies nativas. Una vez formalizado este acuerdo, se define en las 16,18 ha, el dominio de un mosaico de pastos enmalezados contiguos a zonas de helechal y por primera vez, se asocia el Bosque secundario como ecosistema de referencia, se establece una hipótesis de trayectoria ecológica y se proponen los ensamblajes de especies para abordar la restauración ecológica.

DIVERSIDAD

De acuerdo con el Convenio sobre Diversidad Biológica (ONU, 1992), la biodiversidad hace referencia a la variedad de todo tipo de organismos vivos; en este aspecto Colombia es un país privilegiado, ya que, gracias a la gran variedad de ellos, es considerado megadiverso. En los procesos de restauración ecológica la caracterización de la diversidad es base fundamental, ya que con ella se establece el estado de los ecosistemas, y de acuerdo con ello, se plantean e implementan las estrategias de restauración más adecuadas para el área específica a intervenir (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Para el sector de la Golconda, se realizó caracterización de vegetación, entomofauna, herpetofauna, avifauna y mastofauna (Caro-Melgarejo et al., 2018a).

Vegetación

Juega un papel importante en la implementación y desarrollo de planes de restauración, ya que este componente es considerado como uno de los principales indicadores del estado de conservación de los ecosistemas. Por lo anterior, para el caso del sector de la Golconda, las áreas caracterizadas se clasificaron en cinco tipos de coberturas vegetales: bosque, pastizal, helechal, matorral denso y rastrojo alto. En la Tabla 1, se presentan los datos de ubicación y características de cada uno de los tipos de áreas.

Tabla 1. Ubicación geográfica y características de las áreas caracterizadas en el sector de la Golconda.

ÁREA	COORDENADAS	ALTITUD	PENDIENTE	LUMINOSIDAD	MATERIA ORGÁNICA
Bosque	6°36'01.5" N; 73°21'25.3" W	2267 m	Entre 20° y 30°	40%	20 cm
Pastizal	6°35'33.4" N; 73°21'15.8" W	2103 m	30°	90%	7 cm
Helechal	6°35'43.8" N; 73°21'23.4" W	2246 m	40°	90%	10 cm
Matorral denso	6°35'45.8" N; 73°21'28.0" W	2216 m	40°	60%	5 cm
Rastrojo alto	6°35'49.5" N; 73°21'25.0" W	2242 m	50°	50%	10 cm

La mayor riqueza de especies se registró en bosque con 136, seguida por pastizal, rastrojo alto y helechal (88, 58 y 51 especies respectivamente), el área de menor riqueza fue matorral denso, con 49 especies. Este mismo patrón se observó a nivel de género, en bosque 84 géneros, pastizal (67), rastrojo alto (43),

helechal (38) y finalmente, matorral denso con 37. Para la riqueza de familias hubo una variación, la mayor de ellas se encontró en bosque (52), seguida por pastizal, matorral denso, rastrojo alto (36, 26 y 25 respectivamente), y por último, helechal (20) (Fig. 3).

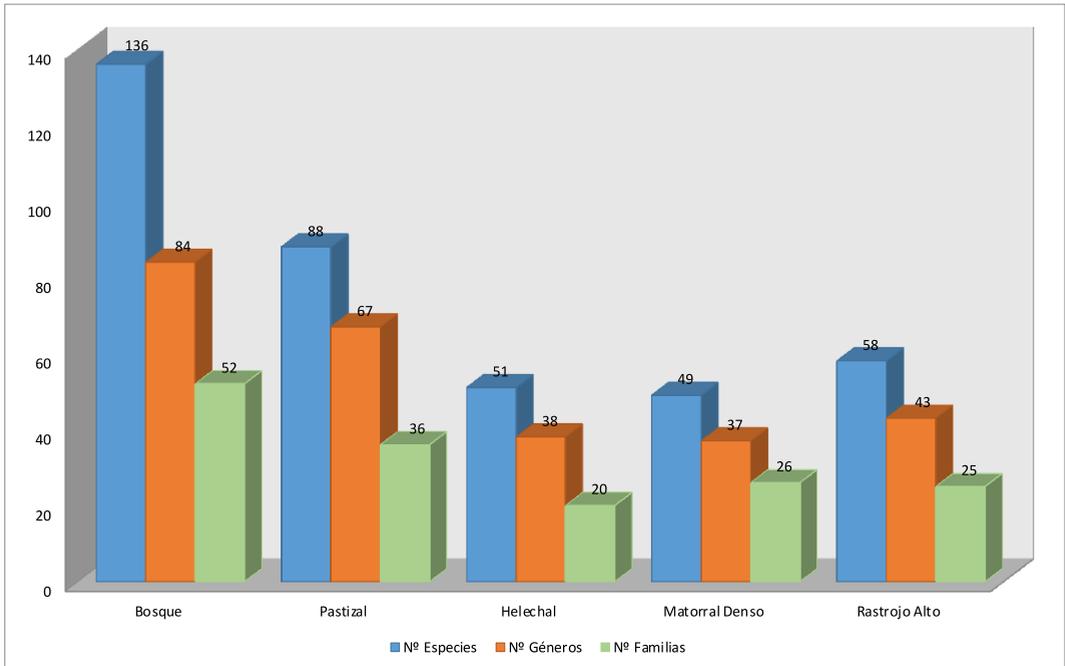
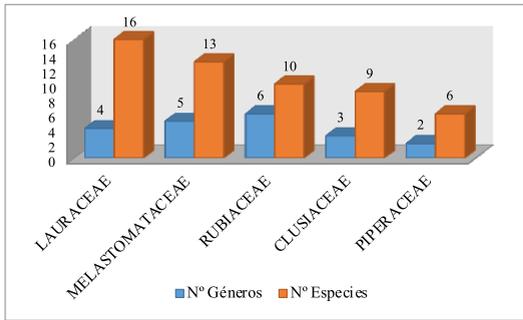
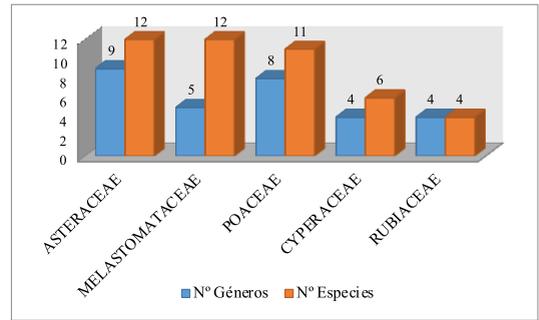


Figura 3. Riqueza de especies, géneros y familias de plantas por áreas caracterizadas en el sector de la Golconda en el PNN SYA.

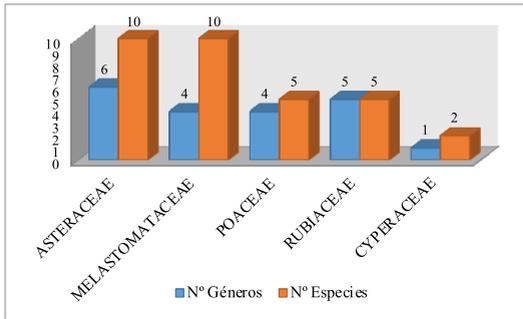
Las familias que presentaron las mayores riquezas fueron: Lauraceae en bosque (4 géneros/16 especies), Asteraceae en pastizal (9/12) y helechal (6/10), y Melastomataceae en matorral denso (4/11) y rastrojo alto (4/7). Dentro de otras familias ricas en bosque están: Melastomataceae, Rubiaceae, Clusiaceae y Piperaceae; en pastizal, Melastomataceae, Poaceae, Cyperaceae y Rubiaceae; en helechal, Melastomataceae, Poaceae y Rubiaceae; en matorral denso, Asteraceae, Poaceae, Lauraceae y Rubiaceae; y en rastrojo alto Clusiaceae, Lauraceae, Piperaceae y Euphorbiaceae (Figura 4).



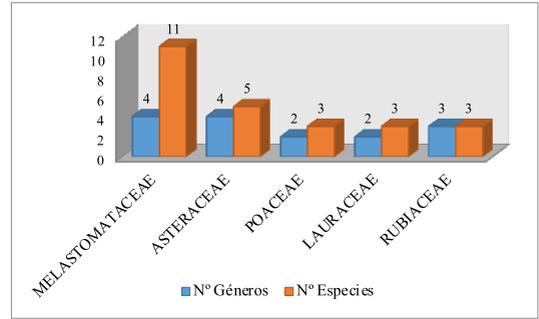
Bosque



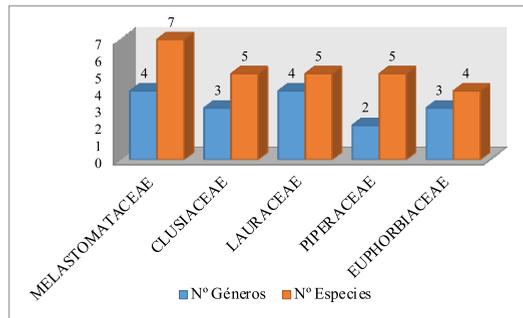
Pastizal



Helechal



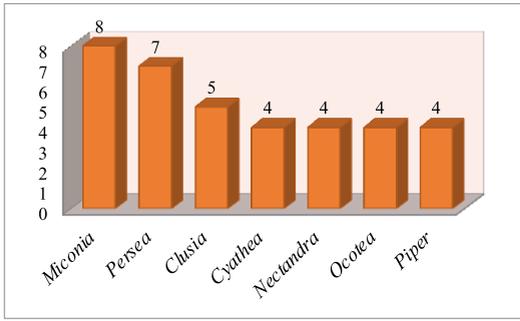
Matorral denso



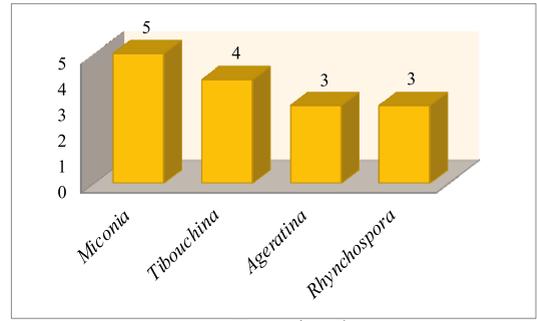
Rastrojo Alto

Figura 4. Familias de plantas con mayor riqueza en cada área caracterizada en el sector de la Golconda PNN SYA.

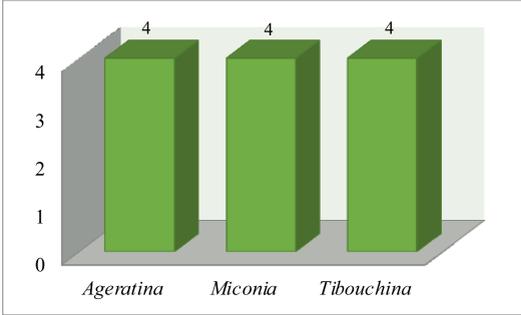
A nivel de género, las mayores riquezas en bosque (8 especies), pastizal (5) y rastrojo alto (4) fueron para *Miconia* (Melastomataceae); en helechal (4) para *Ageratina* (Asteraceae), *Miconia* y *Tibouchina* (Melastomataceae); y en matorral denso (6) para *Tibouchina* (Melastomataceae). Después de los géneros mencionados, se destacan *Persea* (Lauraceae), *Clusia* (Clusiaceae), *Cyathea* (Cyperaceae), *Nectandra* (Lauraceae), *Ocotea* (Lauraceae) y *Piper* (Piperaceae) en bosque; *Tibouchina* (Melastomataceae), *Ageratina* (Asteraceae) y *Rhynchospora* (Cyperaceae) en pastizal; *Miconia* (Melastomataceae), *Baccharis* (Asteraceae), *Clethra* (Clethraceae), *Ocotea* (Lauraceae), *Panicum* (Poaceae) y *Vismia* (Clusiaceae) en matorral denso; y *Clusia* (Clusiaceae), *Cyathea* (Cyperaceae) y *Peperomia* (Piperaceae) en rastrojo alto (Figura 5).



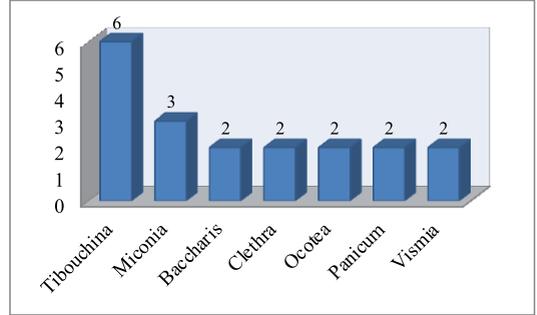
Bosque



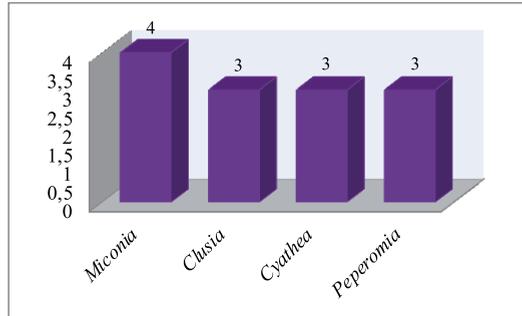
Pastizal



Helechal



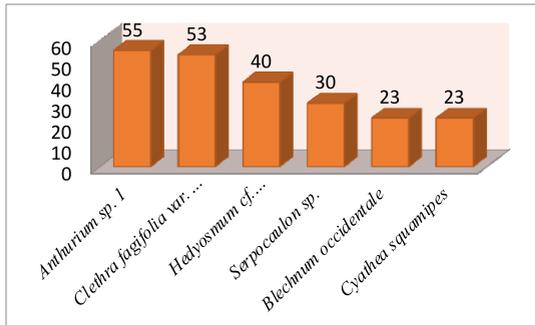
Matorral denso



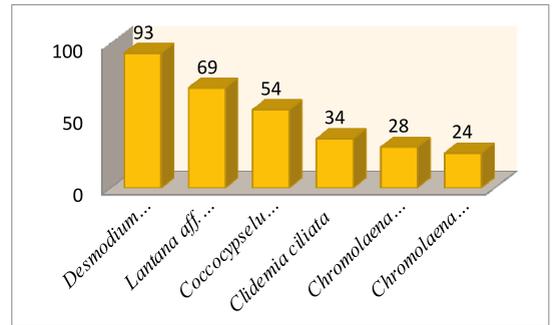
Rastrojo Alto

Figura 5. Géneros de plantas con mayor riqueza en cada área caracterizada en el sector de la Golconda, PNN SYA.

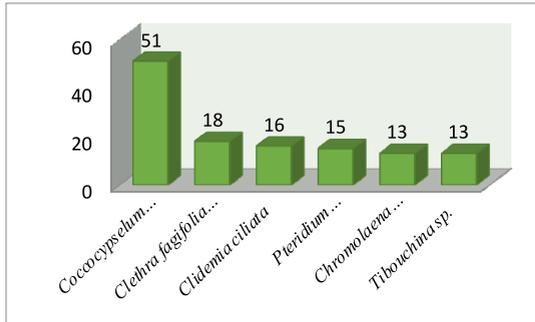
En cuanto a especies, las abundancias más altas se registraron para *Anthurium* sp. 1 (Araceae) en bosque (55 individuos), *Desmodium adscendens* (Fabaceae) en pastizal (93), *Coccocypselum lanceolatum* (Rubiaceae) en helechal (51), *Tibouchina lepidota* (Melastomataceae) en matorral denso (105) y *Clethra fagifolia* var. *bicolor* (Clethraceae) en rastrojo alto (30) (Fig. 6).



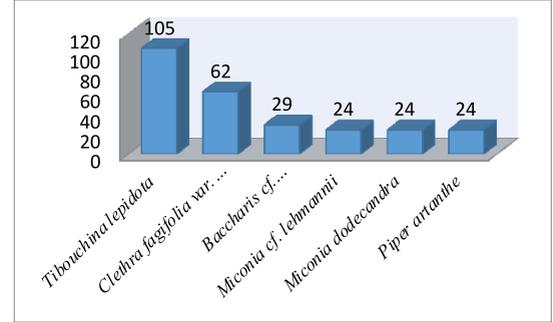
Bosque



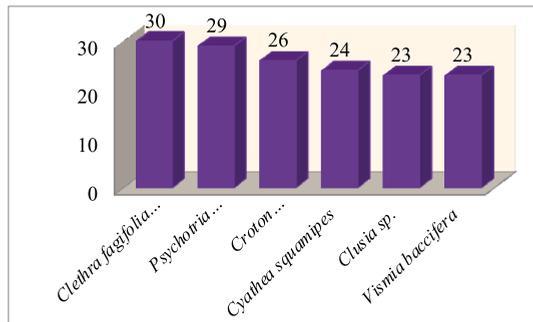
Pastizal



Helechal



Matorral denso



Rastrojo Alto

Figura 6. Especies de plantas con mayor abundancia en cada área caracterizada en el sector de la Golconda, PNN SYA.

Otras especies abundantes en bosque fueron *Clethra fagifolia* var. *bicolor* (Clethraceae), *Hedyosmum* cf. *racemosum* (Chloranthaceae), *Serpocaulon* sp.1 (Polypodiaceae), *Blechnum occidentale* (Blechnaceae) y *Cyathea squamipes* (Cyatheaceae); en pastizal *Lantana* aff. *canescens* (Verbenaceae), *Coccocypselum lanceolatum* (Rubiaceae), *Clidemia ciliata* (Melastomataceae), *Chromolaena tacotana* (Asteraceae) y *Chromolaena odorata* (Asteraceae); en helechal *Clethra fagifolia* var. *bicolor* (Clethraceae), *Clidemia ciliata* (Melastomataceae), *Pteridium arachnoideum* (Dennstaedtiaceae), *Chromolaena tacotana* (Asteraceae) y *Tibouchina* sp. (Melastomataceae); en matorral denso *Clethra fagifolia* var. *bicolor* (Clethraceae), *Baccharis* cf. *oblongifolia* (Asteraceae), *Miconia* cf. *lehmannii* (Melastomataceae), *Miconia dodecandra* (Melastomataceae) y *Piper artanthe* (Piperaceae); en rastrojo

alto *Psychotria erythrocephala* (Rubiaceae), *Croton gossypifolius* (Euphorbiaceae), *Cyathea squamipes* (Cyatheaceae), *Clusia* sp. y *Vismia baccifera* (Clusiaceae) (Fig. 6).

Banco de semillas germinable

La regeneración natural en comunidades vegetales, es un proceso que depende de la existencia, tasa de germinación y establecimiento del banco de semillas. La expresión ecológica del banco de semillas, está determinada por las condiciones microclimáticas del sitio. Montenegro et al. (2006), define el banco de semillas germinable, como una agregación de semillas en el suelo de diferentes especies, que constituye el principal medio para generar los procesos sucesionales de una comunidad vegetal.

La alteración o degradación de un ecosistema transforma directamente sus características físicas, químicas y bióticas, lo cual genera factores limitantes y tensionantes que impiden o dificultan la expresión del banco de semillas y así mismo la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas.

Dentro de los procesos de restauración ecológica, estudiar el banco de semillas germinable, permite determinar la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, a partir del potencial de dispersión, tasas de herbivoría, tasas de germinación, diversidad, entre otros. Así mismo, permite modelar las posibles trayectorias ecológicas que las áreas degradadas establecerán en escenarios futuros (Vargas et al., 2012).

El banco de semillas en el sector de la Golconda, registró un total de 52 morfotipos, de los cuales, se identificaron ocho familias; el bosque registró el mayor número de especies con un total de 25, seguido del pastizal con 14 especies, y rastrojo bajo con 13 (Fig. 7A). Las familias que se presentaron en todas las coberturas fueron Asteraceae, Fabaceae, Solanaceae y Poaceae (Figura 7C). La familia con mayor número de especies para todas las coberturas fue Asteraceae con seis especies, seguido de Solanaceae, Poaceae y Fabaceae cada una con dos especies y una sola especie para Polygonaceae, Lythraceae, Cucurbitaceae y Commelinaceae (Figura 7B).

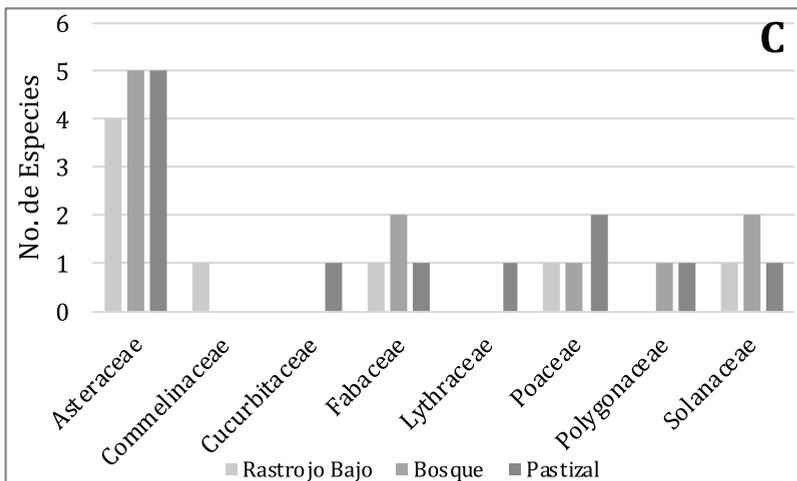
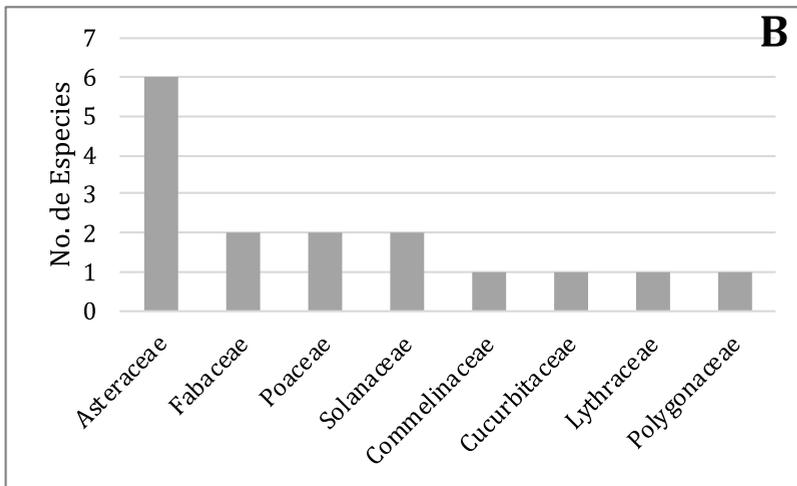
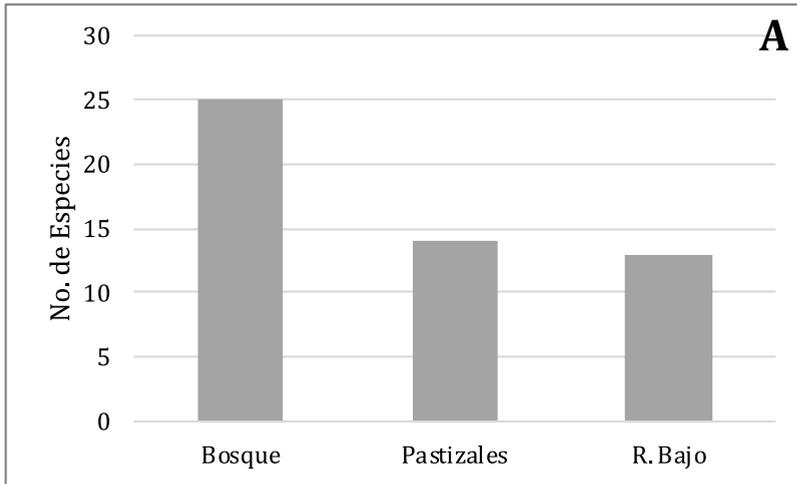


Figura 7. Riqueza del banco de semillas germinable. **A.** Número de especies por tipo de cobertura; **B.** Familias identificadas para todas las coberturas; **C.** Familias por tipo de cobertura.

Así se determinaron los valores de diversidad para las áreas muestreadas (Fig. 8).

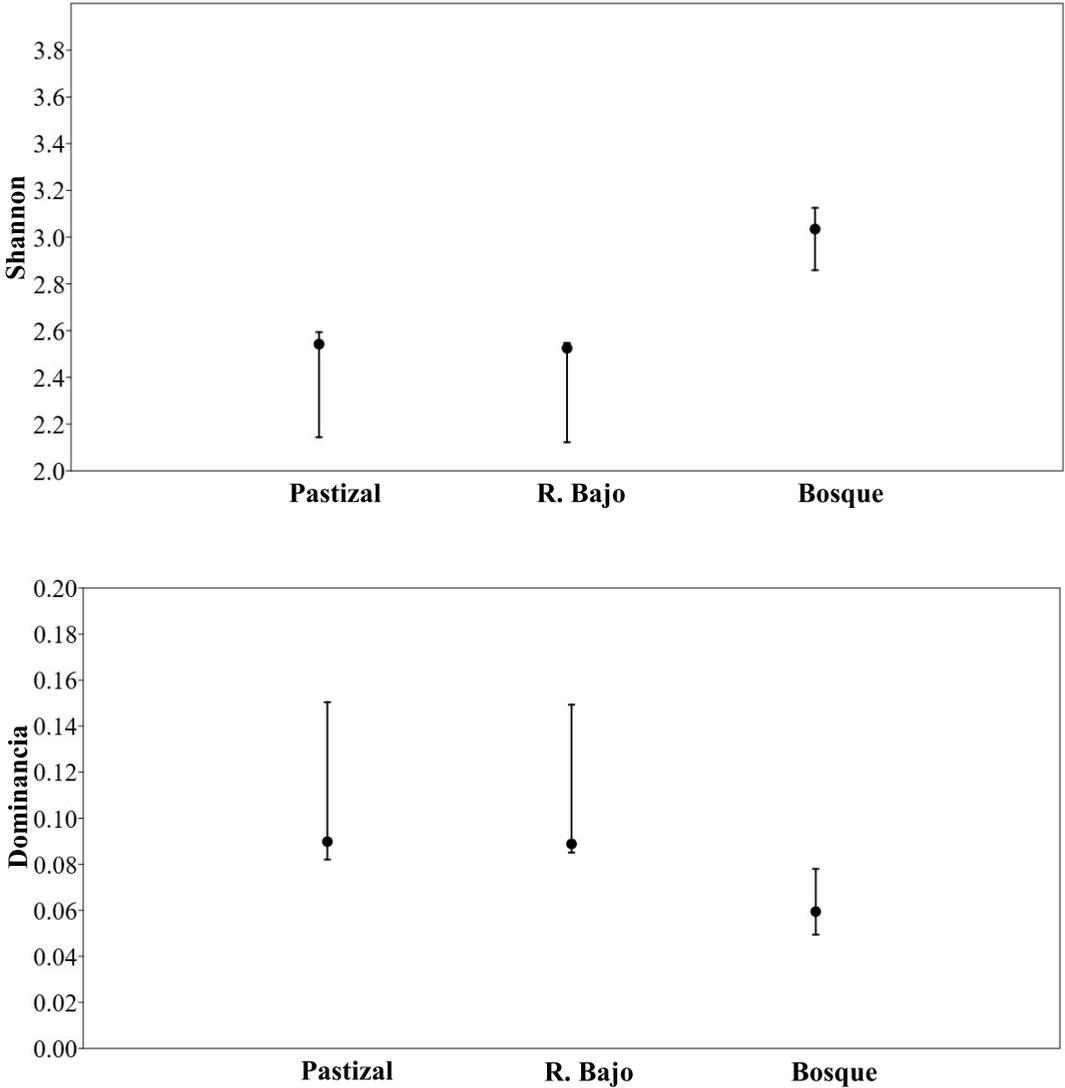


Figura 8. Cálculo de los índices de diversidad (número de especies, Shannon y Dominancia) para cada una de las coberturas evaluadas durante el proyecto.

El índice de Jaccard mostró que el rastrojo bajo y el bosque, en términos de la composición de especies, son más similares entre sí (0,3793), seguido del rastrojo bajo y pastizal (0,3181), y los valores más bajos de similitud están entre pastizal y bosque (0,2424). Los porcentajes de similitud para este estudio mostraron que el número de especies compartidas entre las coberturas es muy bajo (Figura 9).

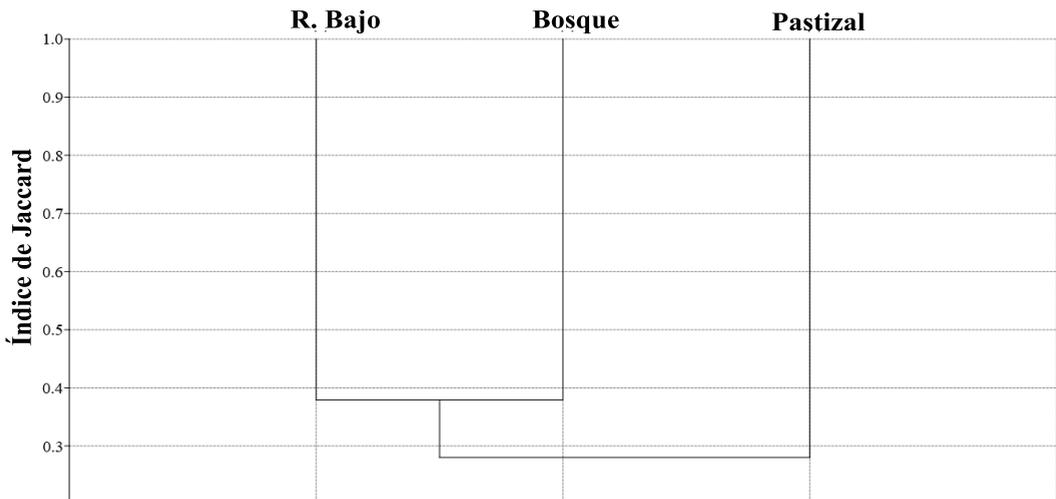


Figura 9. Índice de Similitud de Jaccard con base en la composición de especies de cada una de las coberturas de vegetación.

Los resultados obtenidos de este estudio, corroboran las dos hipótesis planteadas inicialmente; se comprobó que la cobertura mejor conservada o con una etapa sucesional más avanzada presenta los valores de diversidad más altos, en este caso la cobertura de bosque. Así mismo, se comprobó que las coberturas rastrojo bajo y bosque presentaron un mayor número de especies compartidas. Los resultados obtenidos de este estudio, concuerdan con otras investigaciones donde los bosques, registraron los valores de diversidad más altos (Castro et al., 2004; Acosta & Vargas, 2008; Kalesnick et al., 2013).

La composición del banco de semillas está directamente relacionada con la composición de especies presentes en áreas cercanas, así como con la capacidad y mecanismo de dispersión de las mismas. En la fase diagnóstica del área de estudio, se determinó que las coberturas con mayor diversidad fueron aquellas que presentaron características composicionales y estructurantes más complejas, lo cual se ve representado en una mayor riqueza de especies y de grupos funcionales, en algunos casos con especies raras, principalmente de estados sucesionales avanzados (Caro-Melgarejo et al., 2017; 2018a; 2018b).

El pastizal y rastrojo bajo presentaron valores similares, con los más bajos para el índice de Shannon y riqueza de especies, y los más altos en Dominancia; estos resultados posiblemente muestran que en las coberturas con estados sucesionales tempranos, como es el caso de los pastizales y rastrojos bajos, la composición de la comunidad vegetal se simplifica, debido a la presencia de especies de gramíneas invasoras, que presentan mejor adaptación a las condiciones de disturbio, e inciden sobre el ensamblaje de especies, representado en una baja riqueza y abundancia de especies (Montenegro et al., 2006).

Sumado a lo anterior, la estructuración simplificada de estas dos coberturas vegetales, disminuye la capacidad de ofrecer hábitats y recursos a la comunidad de fauna, lo cual implica que los procesos de dispersión de semillas sean menores, y por lo tanto, la riqueza del banco de semillas también lo sea. Esto concuerda con los resultados obtenidos en el diagnóstico de restauración en el sector de la Golconda, donde se evidenció que la menor riqueza de avifauna se encontró en la cobertura de pastizales (Caro-Melgarejo et al., 2018a).

Así mismo, varios estudios explican que en áreas degradadas, el banco de semillas está expuesto a diferentes factores limitantes y tensionantes como son: condiciones micro ambientales desfavorables, mayor tasa de depredación de semillas por insectos y pequeños mamíferos, alteraciones de la composición físicoquímica de los suelos, inhibición de procesos germinativos por presencia de especies invasoras, entre otros factores que afectan la composición y expresión del mismo (Holl, 1999; Bossuyt et al., 2003; Hooper et al., 2005; Zamora & Montagnini, 2007; López & Martínez, 2011).

Posiblemente, estos resultados demostrarían el efecto facilitador que ejerce la vegetación preexistente sobre los procesos de sucesión natural, permitiendo o no la expresión del banco de semillas, y el desarrollo y establecimiento del banco plantular de especies características de estados sucesionales avanzados (Castro et al., 2004; Ren et al., 2008; Siles et al., 2008; Gómez-Aparicio, 2009; Jensen, 2011).

En conclusión, el banco de semillas (BS), es el principal factor que permite la regeneración natural de los ecosistemas, y es muy importante para la recuperación de aquellos que están degradados, ya que, a partir de este, se estructuran las comunidades post-disturbio. El BS es un indicador muy importante para los procesos de restauración ecológica, a partir de su estudio se pueden identificar y establecer las posibles trayectorias ecológicas que los ecosistemas degradados llevan a cabo por medio de la regeneración natural. Esta información permitirá tomar acciones de contingencia en el momento preciso, para direccionar o ajustar aquellas trayectorias que presenten algún tipo de desviación no esperada.

Entomofauna

Aproximadamente el 80% de las especies de animales del mundo son insectos, lo que convierte a este grupo en el más diverso del planeta, razón por la cual, es posible encontrarlos en todos los ecosistemas. Debido a su gran diversidad, en este grupo existen variadas formas y estructuras, así como hábitos alimenticios, presentándose en algunos casos conductas de alimentación y comportamiento tan especializados, que su distribución se limita a ecosistemas con condiciones específicas (García-Moreno et al., 2012). En el sector de la Golconda la caracterización de entomofauna se centró en tres grupos, escarabajos coprófagos, mariposas y hormigas, las cuales fueron muestreadas en las coberturas vegetales de bosque secundario, bosque ripario 1, bosque ripario 2, pastizal 1, pastizal 2, helechal, matorral denso y rastrojo alto.

Escarabajos coprófagos

Los escarabajos coprófagos (Scarabaeinae), son considerados indicadores de impacto ambiental, debido a que son altamente sensibles a la modificación de hábitats; además de cumplir un importante papel ecológico (Shahabuddin, 2013), interviniendo en procesos como el reciclaje de nutrientes, aireación del suelo, dispersores secundarios de semillas y controladores de parásitos de mamíferos (Ibarra-Polese et al., 2015); y al presentar grandes ventajas por su facilidad de captura, los costos de muestreo son relativamente bajos y se realizan en cortos periodos de tiempo, proporcionando buena información y numerosos registros (Medina et al., 2001).

Compleitud de muestreo

Durante el diagnóstico, la especie más abundante fue *Canthidium* sp. 34 H, siendo los bosques (B1 y B2), los hábitats con mayor presencia de esta especie, seguida por *Canthon politus* cuya mayor abundancia también se presenta en coberturas vegetales más complejas. Así mismo, se observa que, dentro de los géneros, el más abundante fue *Canthidium* con 1475 individuos, seguido por *Canthon*, *Uroxys*, *Dichotomius* y *Onthophagus* con 404, 354, 290 y 284 respectivamente, entre tanto, los géneros con menor abundancia fueron *Eurysternus* con 52 individuos, *Deltochilum* con 40 y *Ontherus* con 14, como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Abundancia de especies de escarabajos para las coberturas vegetales, en el sector de la Golconda, PNN SYA, durante la fase de diagnóstico (T=0). B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1, RA: Vegetación secundaria alta Alto, RB: Vegetación secundaria alta Bajo.

Especie	B1_0	B2_0	H_0	PE1_0	RA_0	RB_0	Total
<i>Canthidium</i> sp. 2/27 H	21	80	0	0	26	0	127
<i>Canthidium</i> sp. 34 H	56	1236	2	0	54	0	1348
<i>Canthon politus</i> / 18H	38	353	0	1	11	0	403
<i>Deltochilum</i> sp. 1	3	29	0	0	8	0	40
<i>Dichotomius</i> aff <i>satanas</i>	110	87	4	3	79	1	284
<i>Dichotomius</i> aff <i>tristis</i>	1	0	1	3	0	0	5
<i>Eurysternus</i> aff <i>contractus</i>	1	9	1	0	0	0	11
<i>Eurysternus</i> <i>marmoreus</i>	8	16	6	5	3	3	41
<i>Ontherus</i> sp. 1	1	3	0	0	0	0	4
<i>Ontherus</i> sp. 3	5	1	0	0	4	0	10
<i>Onthophagus</i> <i>curvicornis</i>	50	9	112	87	16	10	284
<i>Uroxys</i> <i>braquialis</i>	111	65	0	0	0	0	176
<i>Uroxys</i> <i>pauliani</i>	3	29	0	1	8	0	41
<i>Uroxys</i> sp. 3	0	78	0	0	0	0	78
Total	408	1995	126	100	209	14	2852

Como se observa en la Figura 10 (b y d), durante esta fase, los muestreos por cobertura fueron adecuados, con una completitud de más del 90% para todas las coberturas; sin embargo, las curvas de rarefacción (Fig. 10 a y c), muestran que las coberturas

más simples (RB, H y PE1), presentan intervalos de confianza más altos, debido a que, por su simplicidad, ofrecen menos oferta de recursos para los escarabajos, de manera que el tamaño de la muestra es mucho menor que en bosques.

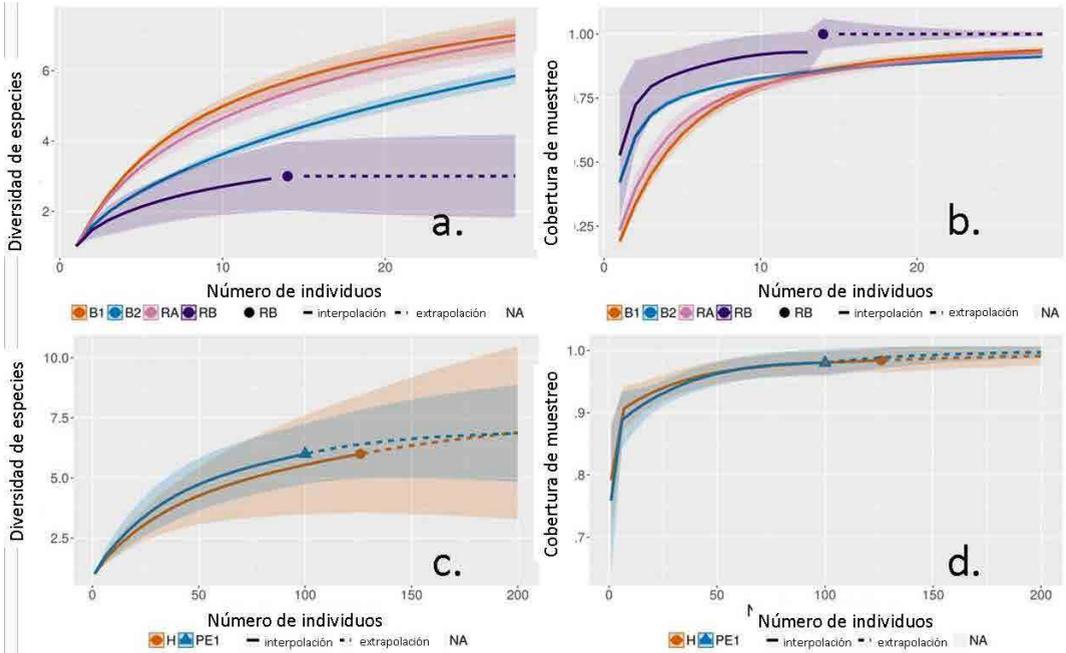


Figura 10. Completitud de muestreo para escarabajos coprófagos en el sector de la Golconda, PNN SYA, durante la fase de diagnóstico. **a y c.** Curvas de rarefacción e interpolación de especies basadas en el tamaño de la muestra; **b y d.** Curvas de cobertura de muestreo basadas en el número.

Diversidad de escarabajos coprófagos

Entonces, al evaluar la diversidad de escarabajos se encontró la mayor riqueza (q_0) en las coberturas vegetales más complejas, los bosques (B1_0 y B2_0), con aproximadamente 13 especies cada una; sin embargo, las especies se distribuyen más equitativamente en el bosque secundario (B1_0), mostrando una diversidad un poco más alta, en relación con las demás coberturas muestreadas. Inicialmente, las coberturas intervenidas muestran una baja riqueza respecto a los ecosistemas de referencia, debido a que dichas coberturas tienen poca disponibilidad de recursos para la sobrevivencia (Tabla 3, Figs. 11-13).

Aquí, las especies encontradas se caracterizan por ser generalistas, como es el caso de *Onthophagus curvicornis* y *Dichotomius aff. satanas* (presentes en todas las coberturas muestreadas). Además, se observa cómo se encuentran las coberturas a intervenir respecto a los sistemas de referencia, con el fin de tener una perspectiva clara del cambio que se espera a lo largo de la restauración.

Tabla 3. Valores diversidad de orden q o diversidad verdadera para cada cobertura en la fase de diagnóstico (T=0). B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1, RA: Vegetación secundaria alta Alto, RB: Vegetación secundaria alta Bajo.

q	B1_0	B2_0	H_0	PE1_0	RA_0	RB_0
0	13	13	6	6	9	3
1	6.42	3.78	1.65	1.77	5.56	2.14
2	5.19	2.37	1.26	1.31	4.22	1.78

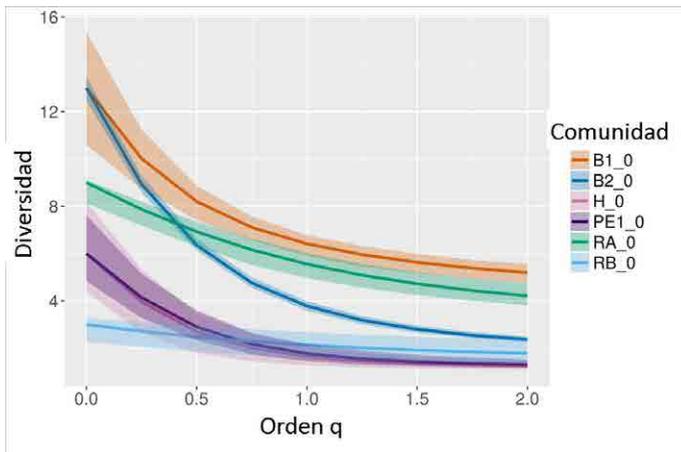


Figura 11. Curva de diversidad de escarabajos coprófagos para las diferentes coberturas mediante perfiles de diversidad durante la fase de diagnóstico (T=0). B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1, RA: Vegetación secundaria alta Alto, RB: Vegetación secundaria alta Bajo.

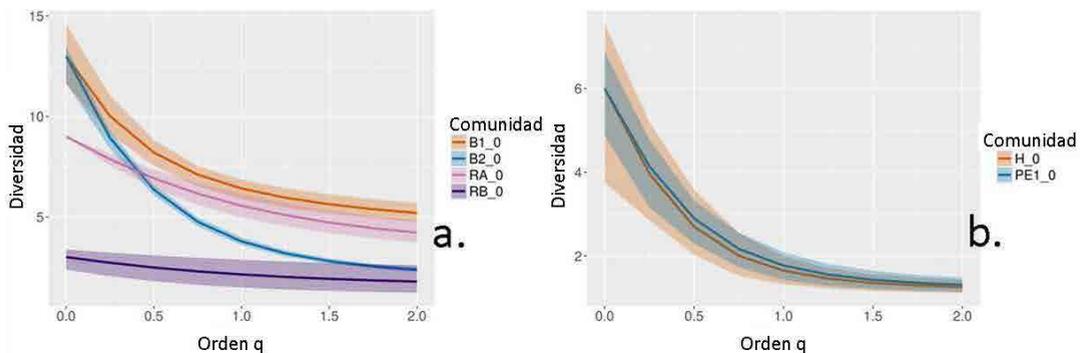


Figura 12. Contraste de la diversidad de escarabajos coprófagos para las diferentes coberturas mediante perfiles de diversidad durante la fase de diagnóstico (T=0). **a.** Sistemas de referencia ecológica; **b.** Sistemas intervenidos con siembras. B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1, RA: Vegetación secundaria alta Alto.

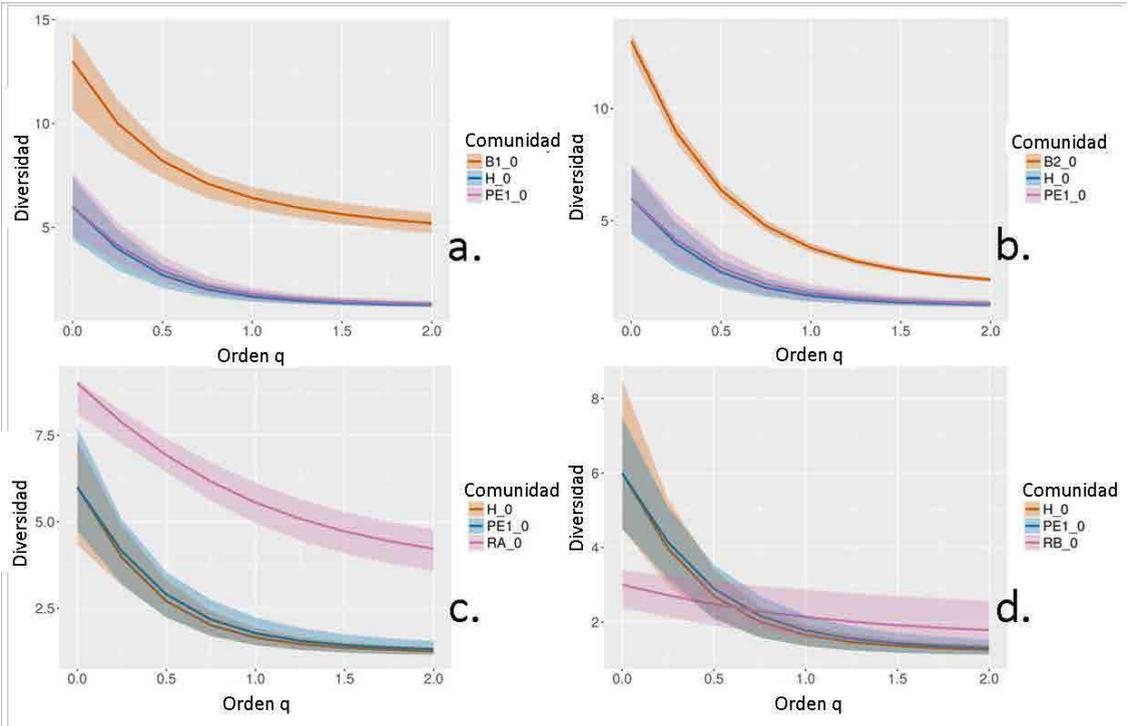


Figura 13. Contraste de la diversidad de escarabajos coprófagos de los sistemas intervenidos con siembras vs. los diferentes sistemas de referencia ecológica durante la fase de diagnóstico ($T=0$). B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario I, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado I, RA: Vegetación secundaria alta Alto, RB: Vegetación secundaria alta bajo.

Similitud entre coberturas

Durante esta fase, se observó que las coberturas vegetales a intervenir (PE1_0 y H_0), aunque no son similares entre ellas, conforman un grupo junto a RB, debido a que los valores de riqueza, equidad y dominancia son cercanos entre sí, con una similitud próxima al 50%; mientras que, los sistemas de referencia más complejos como B1 y B2, presentan altos índices de similitud, superando el 80% de semejanza. De igual manera, RA presenta características en su diversidad de escarabajos, que indican un grado de conservación mayor al de los sistemas intervenidos, así, comparte un 70% de similitud con los ecosistemas de referencia ecológica, como se aprecia en la Figura 14.

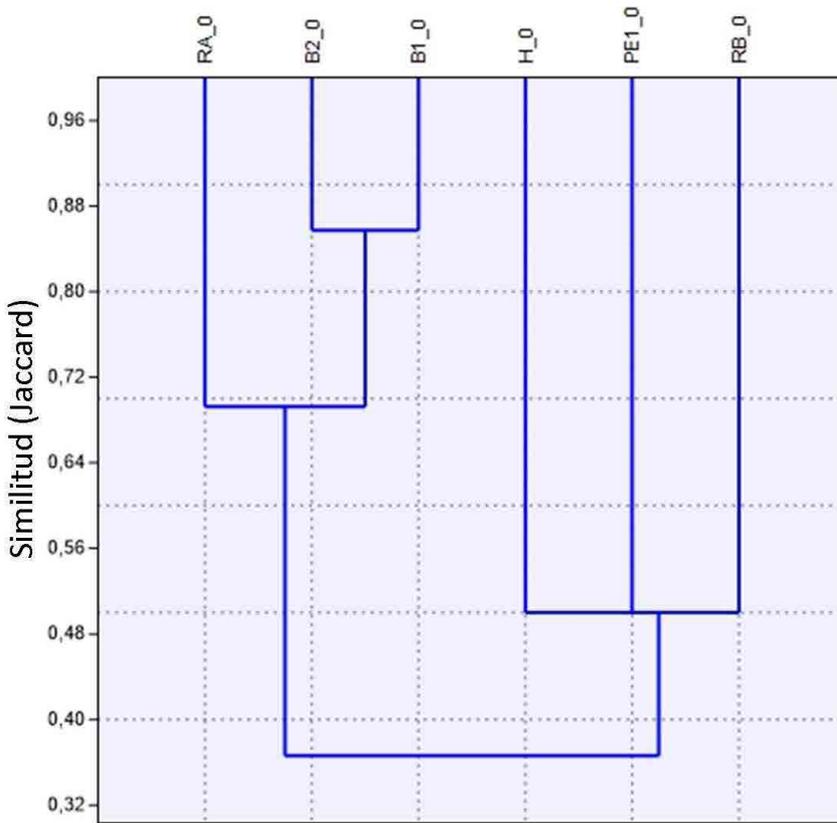


Figura 14. Similitud en la diversidad de escarabajos coprófagos entre coberturas para la fase de diagnóstico (T=0) en el sector de la Golconda, PNN SYA. B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1, RA: Vegetación secundaria alta Alto, RB: Vegetación secundaria alta Bajo.

Mariposas

Pertenecen al orden Lepidoptera (del griego *lepis*: escama y *pteron*: ala), este orden es el segundo más diverso dentro del grupo de los insectos; está compuesto por mariposas diurnas y polillas o mariposas nocturnas, su principal característica son cuatro alas membranosas cubiertas por escamas. Las mariposas diurnas están agrupadas en dos superfamilias, Hesperioidea y Papilionoidea; en la primera, se ubica la familia Hesperidae; a ella pertenecen los llamados hespéridos o "skippers", nombre dado, por la forma particular de vuelo, a manera de pequeños saltos cerca del suelo; en la segunda, se encuentran las llamadas mariposas verdaderas, esta subfamilia es la más diversa del orden (Lamas, 2004). La diversidad de lepidópteros en América se concentra en los trópicos, alcanzando las 180.000 especies, de estas, 17.950 corresponden a mariposas diurnas (Fagua et al., 1999; Andrade-C., 2007). En Colombia, se encuentran 3.274, de estas, son endémicas 350 (Ospina-López et al., 2010).

Las mariposas cumplen un papel fundamental en el cambio de materia vegetal y animal, además, debido a que son sensibles a las modificaciones ambientales son excelentes indicadores susceptibles a la temperatura, así como a la humedad, la radiación solar y

cualquier tipo de disturbios de sus hábitats, indicando la medición de su diversidad a diferentes escalas, constituye una herramienta importante para el diagnóstico de conservación o alteración de cualquier ecosistema (Kremen et al., 1993; Pollard & Yates, 1993; Fagua et al., 1999; Tobar-L. et al., 2002).

Complejidad de muestreo

Este diagnóstico mostró una diversidad alta, incluso en sistemas altamente degradados. *Anartia*

amathea, *Eueides procula*, *Euptychoides saturnus*, *Hamadryas fornax*, *Hermeuptychia harmonia* y *Virga xantho*, fueron especies exclusivas de bosques. En contraste, *Hermeuptychia hermes* fue la especie más abundante y se encontró en todas las coberturas (Tabla 4). Para esta fase se alcanzó un muestreo óptimo, por encima de 0,7 según el indicador de complejidad de muestreo (Fig. 15 y Tabla 5).

Tabla 4. Abundancia de especies de mariposas para las coberturas vegetales, en el sector de la Golconda, PNN SYA, durante la fase de diagnóstico (T=0). B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1.

Especie	B1_0	B2_0	H_0	PE 1_0	Total
<i>Actinote anteas</i>	0	0	0	7	7
<i>Adelpha alala</i>	0	2	0	2	4
<i>Anartia amathea</i>	3	1	0	8	12
<i>Anartia jatrophae</i>	0	0	0	3	3
<i>Anthanassa</i> sp. 1	0	0	1	0	1
<i>Anthoptus epictetus</i>	1	0	0	1	2
<i>Arawacus leucogyna</i>	0	1	0	0	1
<i>Calephelis browni</i>	0	0	1	0	1
<i>Callimormus radiola</i>	1	0	0	2	3
<i>Corades enyo</i>	0	1	0	0	1
<i>Cupido comyntas</i>	4	1	0	9	14
<i>Cymaenes trebius</i>	0	1	1	7	9
<i>Danaus plexippus</i>	0	0	0	1	1
<i>Detritivora barnesi</i>	0	1	2	1	4
<i>Doxocopa laurentia</i>	0	0	0	1	1
<i>Eueides procula</i>	0	2	0	0	2
<i>Euptychoides saturnus</i>	1	4	0	0	5
<i>Eurema elathea vitellina</i>	0	1	0	0	1
<i>Eurema phiale</i>	0	0	1	4	5
<i>Fountainea centaurus</i>	0	1	0	0	1
<i>Hamadryas fornax</i>	0	1	0	0	1
<i>Heliconius clysonymus</i>	0	4	0	1	5
<i>Heliconius cydno</i>	0	8	2	0	10
<i>Heliopetes alana</i>	0	0	0	7	7
<i>Heliopetes Laviana</i>	0	0	0	1	1
<i>Hermeuptychia harmonia</i>	5	8	0	0	13

Especie	B1_0	B2_0	H_0	PE 1_0	Total
<i>Hermeuptychia hermes</i>	6	4	4	19	33
<i>Hermeuptychia</i> sp. 1	1	2	2	2	7
<i>Hypanartia lethe</i>	0	0	0	1	1
<i>Junonia evarete</i>	3	2	0	9	14
<i>Leodonta dysoni</i>	0	1	0	0	1
<i>Leucochimona anophthalma</i>	0	1	0	0	1
<i>Lymanopoda albomaculata</i>	0	1	0	0	1
<i>Oleria fumata</i>	0	2	0	0	2
<i>Oressinoma typhla</i>	5	3	5	4	17
<i>Oxeaschistus puerta</i>	0	1	0	0	1
<i>Pedaliodes ereiba</i>	0	1	0	0	1
<i>Perichares adela</i>	0	1	0	0	1
<i>Phoebis philea</i>	1	0	0	0	1
<i>Phoebis sennae sennae</i>	0	0	0	1	1
<i>Pompeius pompeius</i>	0	0	0	2	2
<i>Pronophila unifasciata</i>	0	0	0	1	1
<i>Pyrgus adepta</i>	0	0	0	6	6
<i>Pyrgus orcus</i>	0	1	0	3	4
<i>Siproeta epaphus</i>	0	0	0	1	1
<i>Strymon bazochii</i>	0	0	0	1	1
<i>Urbanus dorantes</i>	0	0	0	1	1
<i>Urbanus dorantes dorantes</i>	1	0	0	0	1
<i>Urbanus teleus</i>	1	2	3	3	9
<i>Vanessa virginiensis</i>	1	0	0	1	2
<i>Vettius coryna</i>	0	1	0	0	1
<i>Virga xantho</i>	2	0	0	0	2
<i>Zizula cyna</i>	1	0	0	2	3
Total	37	60	22	112	231

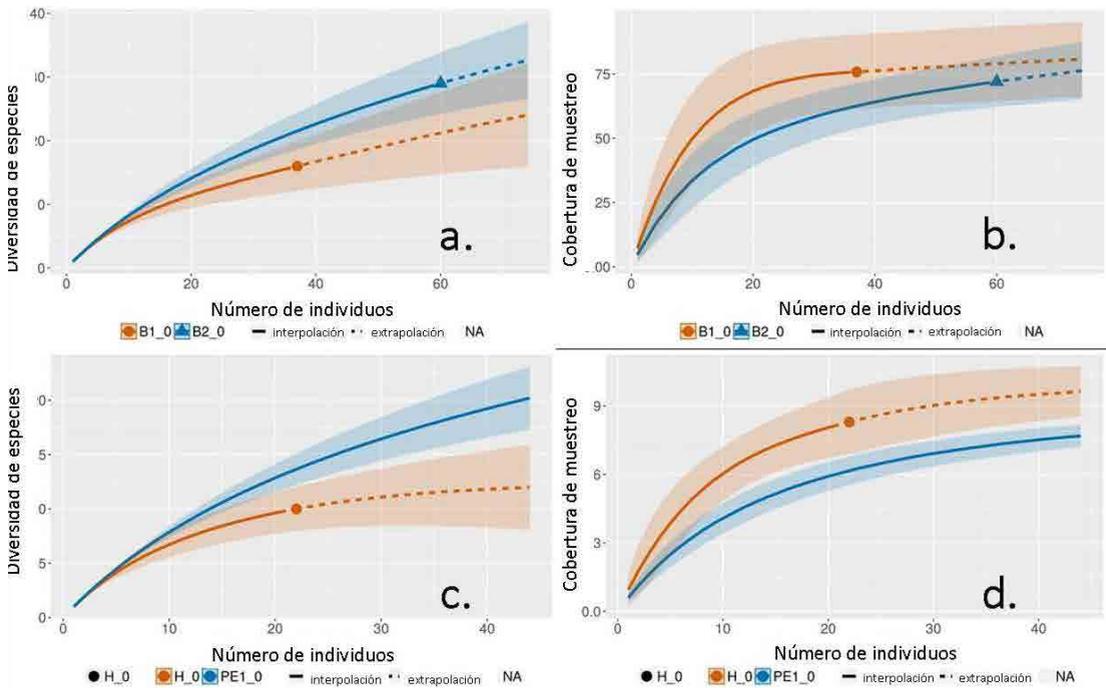


Figura 15. Completitud de muestreo para mariposas en el sector de la Golconda, PNN SYA, durante la fase de diagnóstico. **a y c.** Curvas de rarefacción e interpolación de especies basadas en el tamaño de la muestra; **b y d.** Curvas de cobertura de muestreo basada en el número de individuos. B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1.

La mayor riqueza y abundancia encontradas en el pastizal (PE1_0), se explica con la completitud del muestreo, la cual fue más alta (88%) en esta cobertura. Mientras que, se observa en B2_0, la completitud del muestreo no es tan alta, pero sí la cantidad de especies, respecto a las demás coberturas; lo que permite evidenciar que, con un mayor esfuerzo de muestreo, la diversidad en los bosques va a ser mucho mayor que las demás coberturas muestreadas (Tabla 5).

Tabla 5. Completitud de muestreo de mariposas durante la fase de diagnóstico (T=0). B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado. n: número de individuos, S. obs: número de especies, C. hat: completitud del muestreo según el estimador Chao & Jost, 2012.

	B1_0	B2_0	H_0	PE1_0
n	37	60	22	112
S.obs	16	29	10	31
C.hat	0.7582	0.72	0.8303	0.8847

Diversidad de mariposas

Los estimadores de diversidad de orden q , fueron consecuentes con el grado de complejidad de las coberturas, pero también con la completitud de los muestreos, siendo B2 y PE1 los de mayor riqueza (q_0) (Fig. 16 y Tabla 6). Al comparar los sistemas de referencia con los sistemas intervenidos, se observa que en H la diversidad de orden q_0 , q_1 y q_2 es muy baja respecto a las demás (Tabla 6). Esto posiblemente se debe a que, los helechos son agresivos competidores que impiden el crecimiento de casi cualquier otro tipo de vegetación, pero al carecer de flores, partes leñosas y estructuras más complejas, no ofrecen sustento a los insectos. Las coberturas vegetales dominadas por helechos ofrecen tan poco recurso a las mariposas, que si se observa el análisis de similitud para coberturas (Fig. 17), H es la cobertura con menor índice de similitud, con menos del 30% respecto a las otras coberturas con grado de intervención como PE.

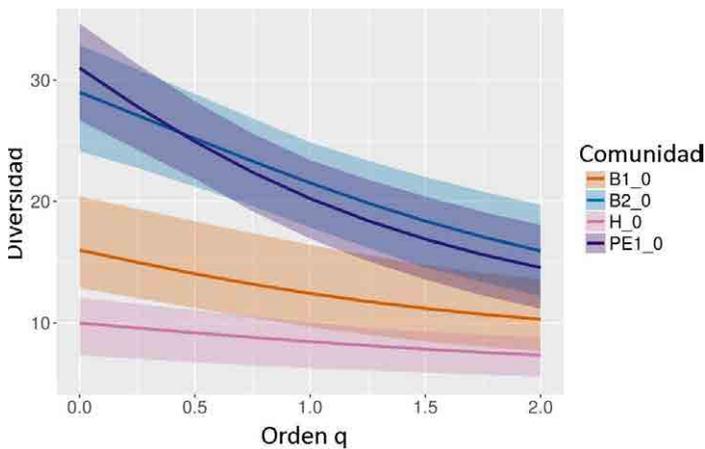


Figura 16. Contraste de la diversidad de mariposas para las diferentes coberturas mediante perfiles de diversidad durante la fase de diagnóstico ($T=0$). B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1.

Tabla 6. Valores diversidad de orden q o diversidad verdadera de mariposas para cada cobertura en la fase de diagnóstico ($T=0$). B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1.

q	B1_0	B2_0	H_0	PE1_0
0	16	29	10	31
1	12.43	21.52	8.45	20.23
2	10.29	15.93	7.33	14.55

Similitud entre coberturas

Las coberturas vegetales muestreadas, revelan valores muy bajos de similitud entre ellas, todas por debajo del 50% (Fig. 17), lo cual quiere decir que, de acuerdo con el muestreo realizado, las comunidades de mariposas presentan diferencias en su

composición y estructura, en cada una de las coberturas. Una posible razón de por qué PE1_0 y B1_0 sean más similares entre sí, es porque, para PE1_0, se realizó un mayor esfuerzo de muestreo, que en las demás coberturas, como se mencionó anteriormente.

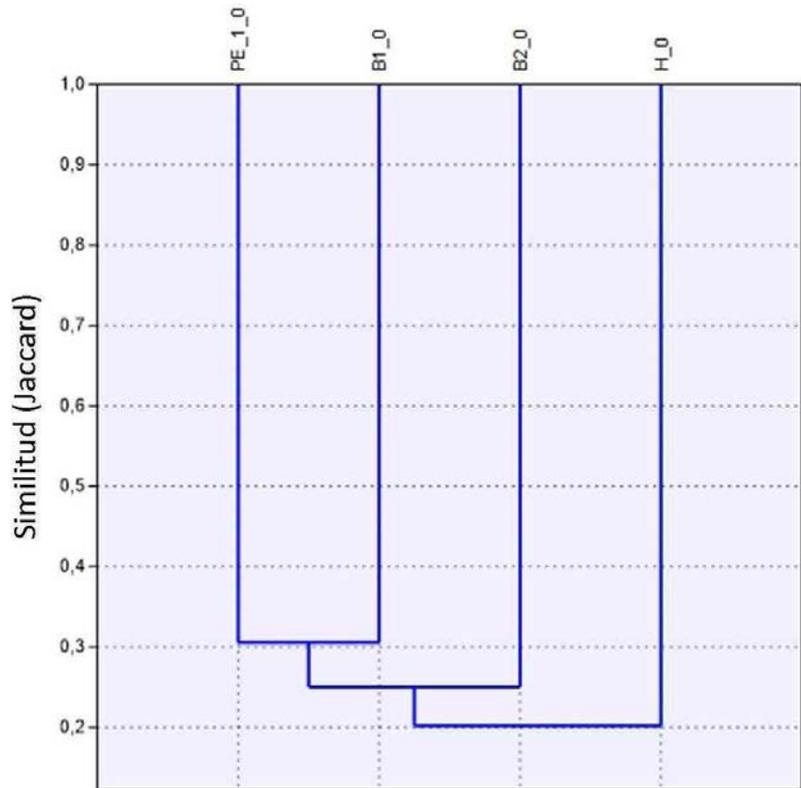


Figura 17. Similitud en la diversidad de mariposas entre coberturas para la fase de diagnóstico (T=0) en el sector de la Golconda, PNN SYA. B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1.

Hormigas

Las hormigas se caracterizan por su complejo comportamiento social, además de su alta diversidad, debido a esto, están involucradas en variados procesos naturales (Hölldobler & Wilson, 1990; Alonso, 2000). Estos organismos cumplen funciones ecológicas importantes, ya que contribuyen al flujo de nutrientes (Wagner et al., 2004). Adicionalmente, son organismos importantes en la evaluación de procesos de restauración, ya que son considerados buenos dispersores de semillas (Majer, 1983; 1992; Majer & de Kock, 1992; Andersen & Sparling, 1997; Maeto & Sato, 2004; Ottonetti et al., 2006; Escobar et al., 2007; Domínguez-Haydar & Armbricht, 2011).

El número de especies conocidas de hormigas se calcula en más de 12.500, las cuales se agrupan en 290 géneros y 21 subfamilias (Ward, 2007). Son un grupo importante en estudios de bioindicación, y también en estudios de conservación (Arcila & Lozano-Zambrano, 2003).

Complejidad de muestreo

Durante la fase de diagnóstico, se presentaron pocas especies, distribuidas de forma equitativa, tanto en los sistemas de referencia (B1, B2 y B3), como en las coberturas a intervenir (H y PE1), siendo *Camponotus* sp. 1 y *Pheidole* sp. 1 las especies más generalistas, encontrándose en las cinco coberturas muestreadas, mientras que *Cyphomyrmex* sp. 1, se encontró exclusivamente en el herbazal (helechal) (H) (Tabla 7).

Tabla 7. Presencia de morfoespecies de hormigas para las coberturas vegetales, en el sector de la Golconda, PNN SYA, durante la fase de diagnóstico (T=0). 0: Ausencia, 1: Presencia. B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Secundario, B3: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1.

Morfoespecie	B2_0	B1_0	B3_0	H_0	PE1_0	Total
<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	1	1	1	0	0	3
<i>Camponotus</i> sp. 1	1	1	1	1	1	5
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 1	0	0	0	1	0	1
<i>Megalomyrmex</i> sp. 1	1	1	1	0	0	3
<i>Nylanderia</i> sp. 1	1	1	1	1	0	4
<i>Odontomachus</i> sp. 1	1	1	1	1	0	4
<i>Pheidole</i> sp. 1	1	1	1	1	1	5
<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	0	1	0	1	1	3
<i>Solenopsis</i> sp. 1	0	0	0	1	1	2
Total	6	7	6	7	4	30

Igualmente, la baja riqueza de hormigas se evidencia en la Figura 18, donde los intervalos de confianza (zona sombreada) en cada cobertura vegetal, son

bastante amplios, dejando un alto grado de incertidumbre sobre la diversidad real de la zona.

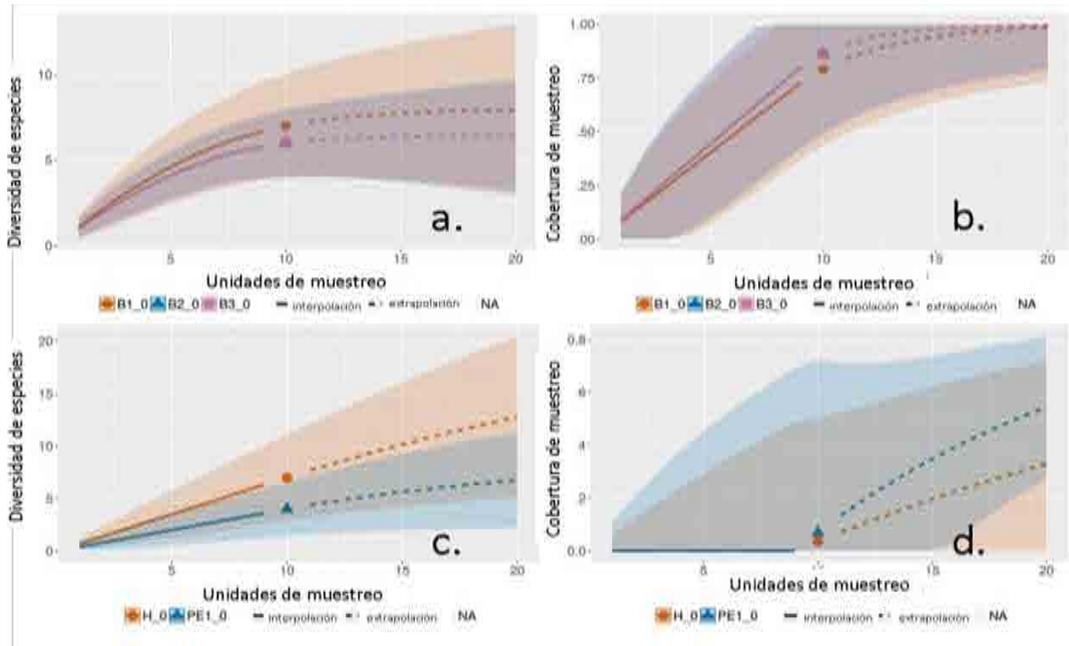


Figura 18. Completitud de muestreo para hormigas en el sector de la Golconda, PNN SYA, durante la fase de diagnóstico. **a y c.** Curvas de rarefacción e interpolación de especies basadas en el tamaño de la muestra. **b y d.** Curvas de cobertura de muestreo basada en la incidencia de las morfoespecies. B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1. El área sombreada indica el intervalo de confianza para cada curva.

Diversidad de hormigas

Durante la fase de diagnóstico, se observan valores similares, tanto de riqueza (q_0), como de equidad (q_1) y dominancia (q_2); registraron valores de diversidad muy similares entre sí (Fig. 19 y Tabla 8). Lo anterior, indica que no hay diferencias significativas entre las comunidades de hormigas encontradas en las coberturas. Sin embargo, como se mencionó, posiblemente se debe al bajo esfuerzo de muestreo.

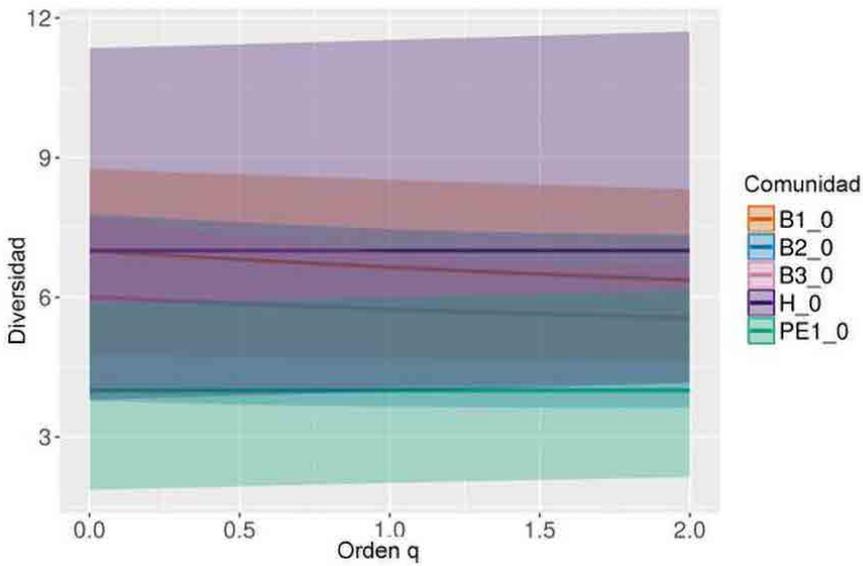


Figura 19. Contraste de la diversidad de hormigas para las diferentes coberturas mediante perfiles de diversidad durante la fase de diagnóstico (T=0). B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario 1, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado 1.

Tabla 8. Valores de diversidad de orden q o diversidad verdadera para cada cobertura, en la fase de diagnóstico.

q	B1_0	B2_0	B3_0	H_0	PE1_0
0	7	6	6	7	4
1	6.64	5.74	5.74	7	4
2	6.37	5.56	5.56	7	4

Similitud entre coberturas

Los bosques B1, B2 y B3, presentan un mayor grado de similitud entre ellos; sin embargo, el grado de similitud entre B2 y B3 es semejante (Fig. 20). Mientras que las coberturas a intervenir (H y PE1), se asemejan más entre ellas, presentando los mismos valores de riqueza, equidad y dominancia.

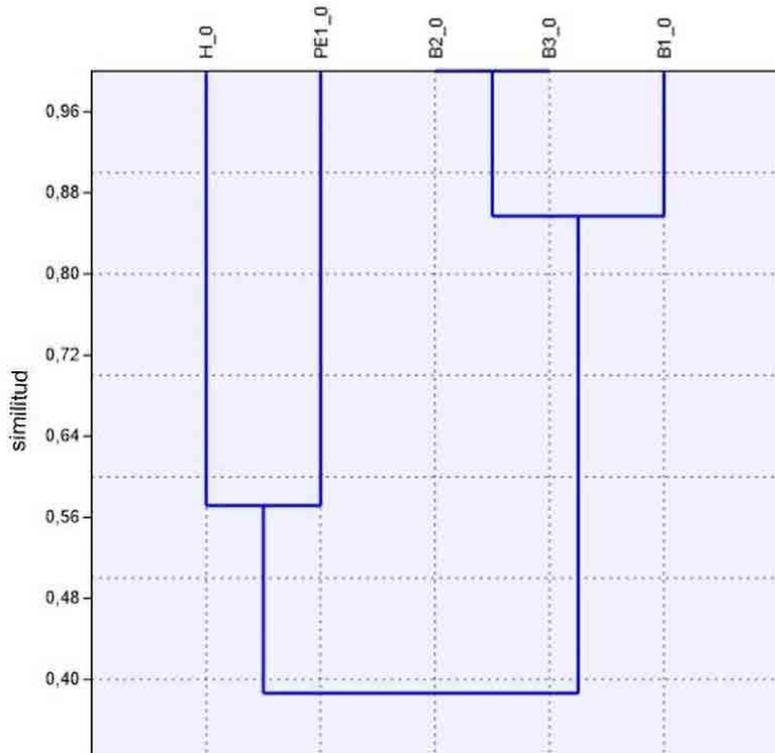


Figura 20. Similitud en la diversidad de hormigas entre coberturas para la fase de diagnóstico (T=0) en el sector de la Golconda, PNN SYA. B1: Bosque Secundario, B2: Bosque Ripario I, H: Herbazal (helechal), PE1: Pastizal Enmalezado I.

Herpetofauna

Está compuesta por los anfibios y reptiles, se caracterizan por ser animales ectotérmicos, es decir, dependen de la ganancia o pérdida de calor que les proporcionen los hábitats y microhábitats donde se encuentran; así, muchos de estos organismos regulan su temperatura corporal, tomando ventaja de fuentes como el sol y superficies cálidas dispuestas en el medio ambiente para la ganancia de calor y también sombra, zonas o cuevas de protección, recursos hídricos, y superficies frías (Vitt et al., 2005).

Los anfibios y reptiles pueden tener diferentes percepciones del hábitat dependiendo de la escala a la cual forrajean y se reproducen, ocupan diversos nichos que reúnen las condiciones necesarias para sus limitaciones fisiológicas, que están relacionadas con factores climáticos a lo largo de gradientes ambientales (Ríos & Aide, 2007). De este modo, cumplen un papel clave por su función, debido a que indican la salud de los mismos, mediante el desarrollo de diferentes procesos ecológicos, como mantener el flujo de materia y energía entre ambientes acuáticos y terrestres, al igual que, entre el dosel de los bosques y el suelo (Whiles et al., 2013; Valencia-Aguilar et al., 2013).

Para el sector de la Golconda, se registraron 11 especies de anfibios, agrupadas en seis géneros y cinco familias (Tabla 9.). En cuanto a reptiles se encontraron cinco especies, correspondientes a cinco géneros y cinco familias (Tabla 10).

Tabla 9. Anfibios registrados en el sector de la Golconda, PNN SYA.

FAMILIA	ESPECIE
Hylidae	<i>Boana xerophylla</i>
	<i>Dendropsophus</i> sp. 1
Plethodontidae	<i>Bolitoglossa guaneae</i>
	<i>Pristimantis</i> sp. 1
Strabomantidae	<i>Pristimantis</i> sp. 2
	<i>Pristimantis</i> sp. 3
	<i>Pristimantis</i> sp. 4
	<i>Pristimantis acutirostris</i>
	<i>Pristimantis taeniatus</i>
Aromobatidae	<i>Rheobates palmatus</i>
Bufonidae	<i>Rhinella marina</i>

Tabla 10. Reptiles registrados en el sector de la Golconda.

FAMILIA	ESPECIE
Viperidae	<i>Bothriechis schlegelii</i>
Colubridae	<i>Erythrolamprus</i> aff. <i>melanotus</i>
Elapidae	<i>Micrurus mipartitus</i>
Sphaerodactylidae	<i>Lepidoblepharis</i> sp.
Colubridae	<i>Chironius</i> sp.

Los registros para las cinco áreas, bosque secundario (BS), bosque ripario (BR), matorral denso (MD), pastizal (PA) y helechal (HE), sugieren que la riqueza de anfibios y reptiles (diversidad $q=0$) muestra una tendencia diferente entre coberturas; estadísticamente PA y HE es muy diferente de BS, BR y MD que fueron las coberturas con la mayor diversidad de especies, comparado con PA y HE. Tendencia similar muestran los índices de $q=1$ y $q=2$ (Figura 21).

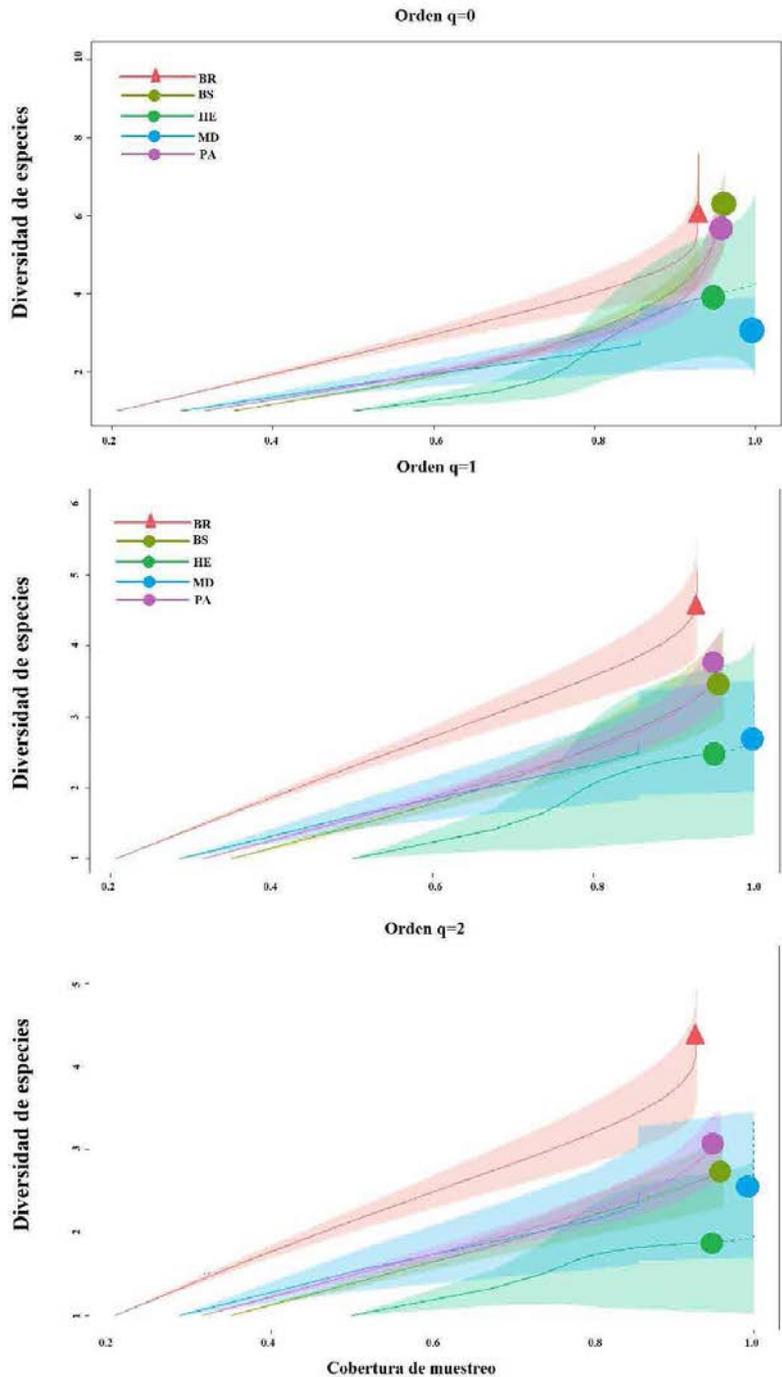


Figura 21. Comparación de la riqueza de anfibios y reptiles ($q=0$), diversidad ($q=1$), diversidad ($q=2$). Bosque secundario (BS), Bosque ripario (BR), Matorral densos (MD), Pastizal (PA) y Helechal (HE). Los valores de "q" indican el nivel de sensibilidad del cálculo de diversidad relativa de la abundancia de especies. Las áreas sombreadas corresponden al intervalo de confianza del 95% para cada cobertura.

Avifauna

Para el sector de la Golconda se registraron 704 individuos, en 104 especies, 30 familias y 15 órdenes. Las familias más destacadas fueron Thraupidae, Tyrannidae, Apodidae y Emberizidae por sus mayores valores de riqueza y/o abundancia (Figura 22).

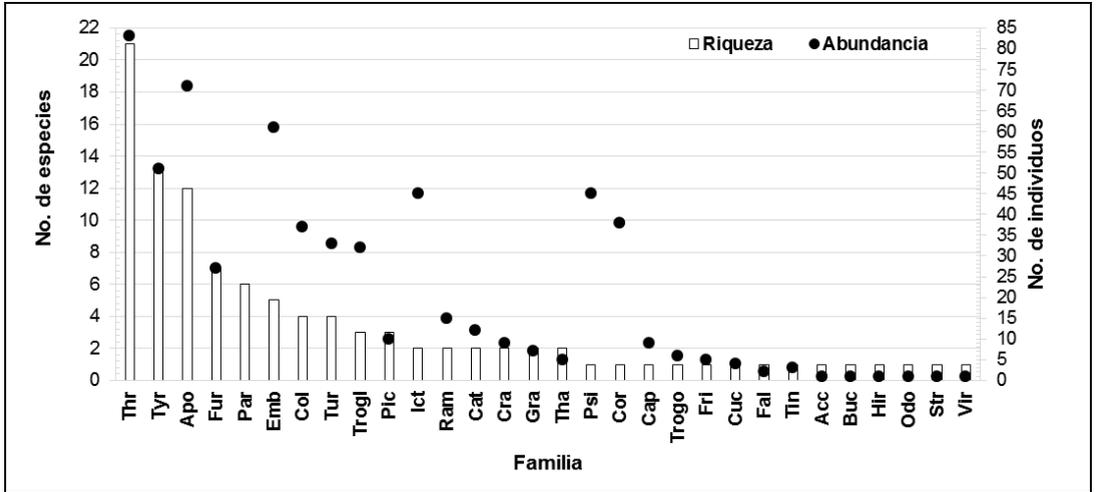


Figura 22. Riqueza y abundancia de las familias de Aves registradas en el sector de la Golconda, PNN SYA. **Thr:** Thraupidae; **Tyr:** Tyrannidae; **Apo:** Apodidae; **Fur:** Furnariidae; **Par:** Parulidae; **Emb:** Emberizidae; **Col:** Columbidae; **Tur:** Turdidae; **Trogl:** Troglodytidae; **Pic:** Picidae; **Ict:** Icteridae; **Ram:** Ramphastidae; **Cat:** Cathartidae; **Cra:** Cracidae; **Gra:** Grallariidae; **Tha:** Thamnophilidae; **Psi:** Psittacidae; **Cor:** Corvidae; **Cap:** Caprimulgidae; **Trogo:** Trogonidae; **Fri:** Fringillidae; **Cuc:** Cuculidae; **Fal:** Falconidae; **Tin:** Tinamidae; **Acc:** Accipitridae; **Buc:** Bucerotidae; **Hir:** Hirundinidae; **Odo:** Odontophoridae; **Str:** Strigidae; **Vir:** Vireonidae.

El mayor número de especies se registró en rastrojo alto y bosque secundario, seguidos de matorral denso y pastizal, y la menor diversidad se encontró en helechal y en el espacio aéreo. Un análisis detallado de la diversidad de aves por cobertura revela una alta representatividad para helechal, pastizal y el espacio aéreo; moderados valores se obtuvieron para matorral denso y bosque secundario, y bajos valores para rastrojo alto.

Para determinar las relaciones existentes entre las coberturas a través de las especies que se comparten entre sí, el análisis de similitud agrupó tres conjuntos principales. El grupo de las especies con altos requerimientos de cobertura vegetal, en el cual hay mayor intercambio entre matorral denso y rastrojo alto, mientras que bosque secundario comparte menos especies. El segundo grupo, en el cual las especies no exigen complejidad en el número de estratos vegetales para realizar sus actividades, conformado por una estrecha relación entre helechal y pastizal. Finalmente, un tercer grupo completamente disímil de los anteriores, conformado por las especies con requerimientos de espacio aéreo (Figura 23).

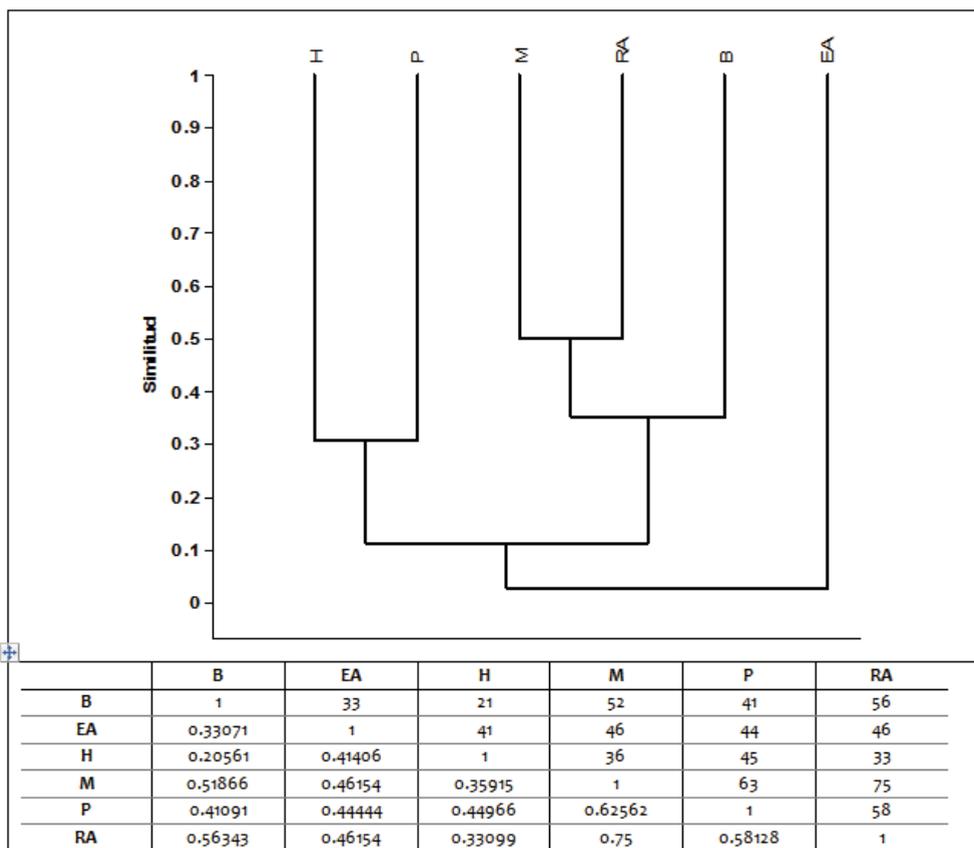


Figura 23. Similitud entre los principales hábitats muestreados en el sector de la Golconda, PNN SYA. Las estimaciones se hacen con base en el índice de Bray-Curtis. Los valores en los cuadros de la parte superior derecha del cuadro presentan en porcentaje, los de la parte inferior izquierda son valores absolutos. B: Bosque secundario; EA: Espacio aéreo; H: Helechal; M: Matorral denso; P: Pastizal; RA: Rastrojo alto.

Se identificaron ocho gremios tróficos principales, los cuales fueron adaptados de lo propuesto por Stiles & Rosselli (1998). Las áreas con mayor número de gremios fueron bosque secundario y pastizal con seis cada una; seguidas por rastrojo alto y matorral denso con cinco gremios. Finalmente, está helechal con cuatro gremios (Figura 24). Los gremios en los que se reúnen el mayor número de especie son frugívoros e insectívoros; es decir, aquellas especies cuya dieta principal se basa en frutos, pero que ocasionalmente consumen insectos como complemento, y viceversa. Así mismo, el mayor número de frugívoro-insectívoros se encuentra en el gradiente transicional del bosque secundario al matorral denso.

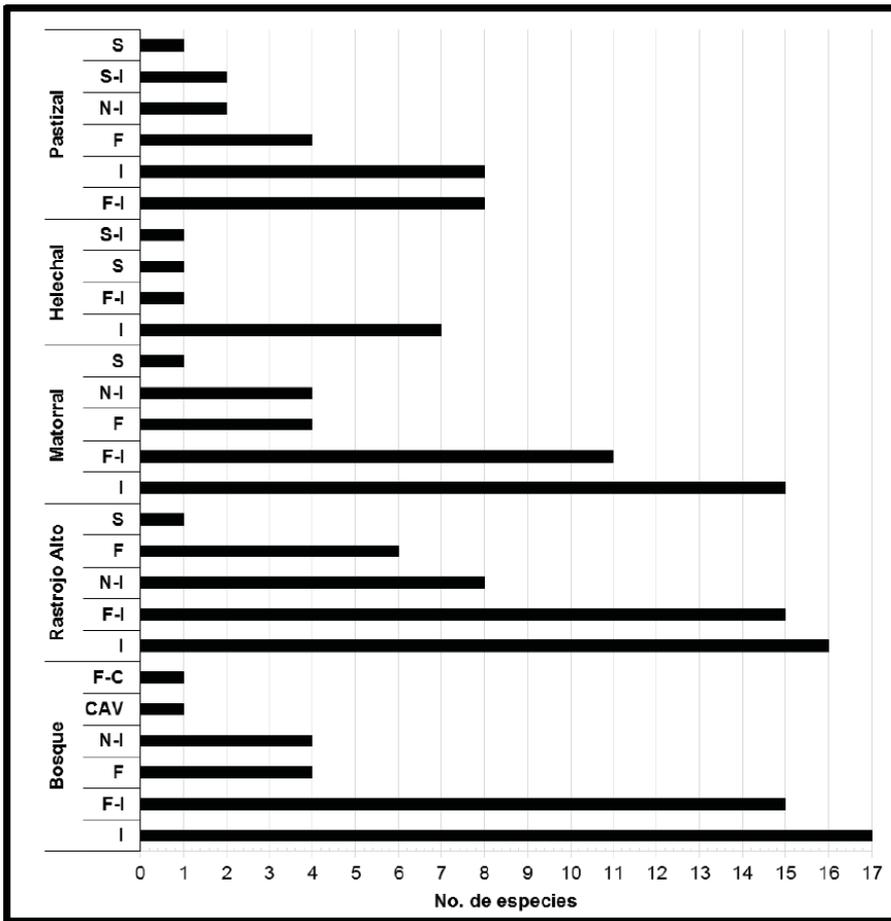


Figura 24. Gremios tróficos de las aves registradas en los principales hábitats muestreados en el área, PNN SYA. I: Insectívoros; F-I: Frugívoro-Insectívoro; F: Frugívoros; N-I: Nectarívoro-Insectívoro; CAV: Carnívoro; S: Semillívoro; S-I: Semillívoro-Insectívoro; CAR: Carroñeros; F-C: Frugívoro-Carnívoro. Categorías tróficas modificadas de Stiles & Rosselli (1998).

Mastofauna

Se consideraron tres grupos de mamíferos: los pequeños mamíferos no voladores (PMNV), con un peso menor a 150 gr, los medianos a grandes mamíferos (MM), por encima de los 150 gr y los pequeños mamíferos voladores (PMV) o murciélagos (Sánchez et al., 2004; Díaz-Pulido et al., 2015).

En general, se encontraron pequeños mamíferos no voladores, seis especies, así también seis de murciélagos y de medianos y grandes mamíferos 19 especies, con un total de 31 especies, que corresponden a 15 familias y ocho órdenes. Rodentia, Carnívora y Chiroptera fueron los órdenes más representativos con nueve, siete y seis especies, respectivamente (Figura 25).

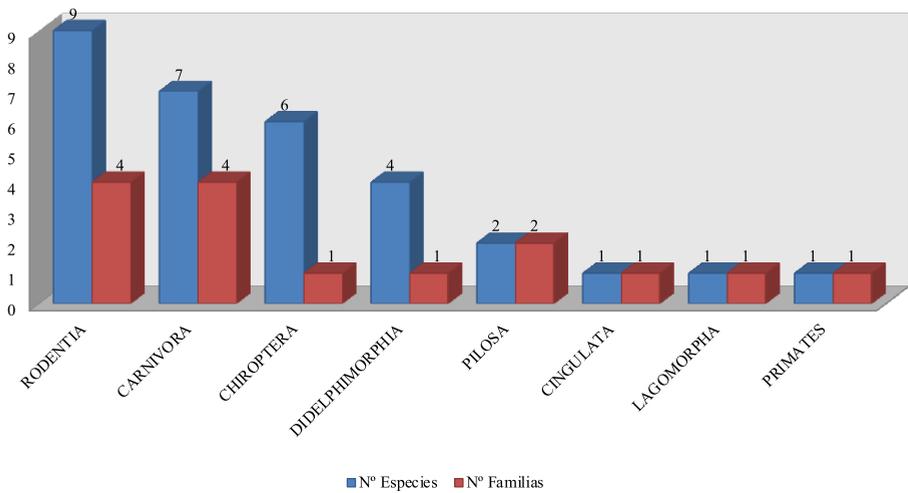


Figura 25. Número de especies y familias de cada orden de mamíferos registrados en el sector de la Golconda, PNN SYA.

Las áreas en las cuales se registró el mayor número de especies de pequeños mamíferos no voladores fueron rastrojo alto y bosque, seguidas de matorral denso y pastizal. En cada área las especies capturadas son únicas; es decir, no se comparten entre los sitios. Por ejemplo, en rastrojo alto solo se capturaron raposas (*Dedelphidae*), mientras que en el resto de áreas se capturaron roedores de distintas especies (Figura 26).

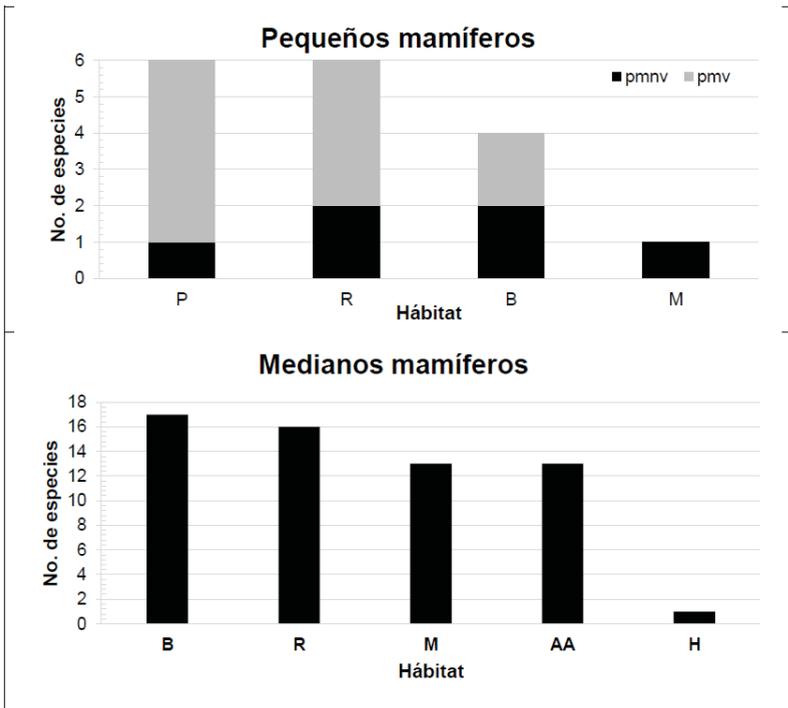


Figura 26. Riqueza de especies de mamíferos por área en el sector de la Golconda, PNN SYA. **B:** Bosque secundario; **R:** Rastrojo alto; **M:** Matorral denso; **AA:** Áreas abiertas; **H:** Helechal.

Los murciélagos se capturaron en tres áreas, de las cuales el mayor número de especies fue encontrado en pastizal, seguido por rastrojo alto y por último bosque secundario. Las áreas que comparten mayor número de especies de murciélagos son bosque secundario y rastrojo alto, en comparación con el pastizal. En cuanto a los medianos a grandes mamíferos, estos se distribuyeron en tres grupos principales de áreas: especies compartidas por bosque secundario y rastrojo alto, las cuales presentaron los valores más altos de similitud (83%); luego, las especies compartidas por matorral denso y áreas abiertas (73% de similitud). Por último, una única especie registrada en helechal, *Didelphis marsupialis*, con porcentajes de similitud entre el 6 y el 8% (Figura 27).

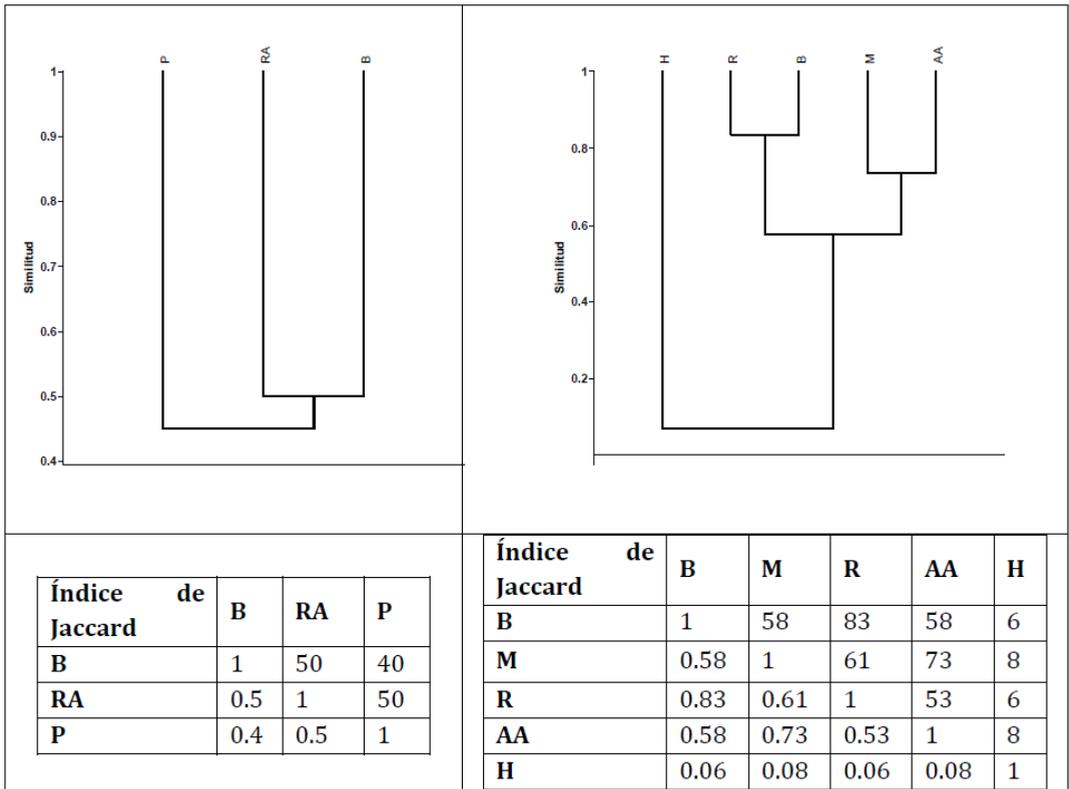


Figura 27. Similitud entre hábitats en el sector de la Golconda para las especies de murciélagos (izquierda), y medianos a grandes mamíferos (derecha). En los cuadros, los datos de la parte superior derecha se dan en porcentaje; los de la parte inferior izquierda se dan en valores absolutos. Las estimaciones se basan en el índice de similitud de presencia-ausencia de Jaccard.

La mastofauna en el sector de la Golconda, se agrupó en cinco principales gremios tróficos. De estos, los frugívoros y omnívoros son los que dominan, entre estos se encuentran algunos grupos como los roedores, los murciélagos y algunos marsupiales. En bosque y rastrojo alto se registró dominio de especies frugívoras; en matorral denso, áreas abiertas y helechal, dominaron las omnívoras, que presentan menores requerimientos de hábitats (Sánchez & Alvear, 2003) (Figura 28).

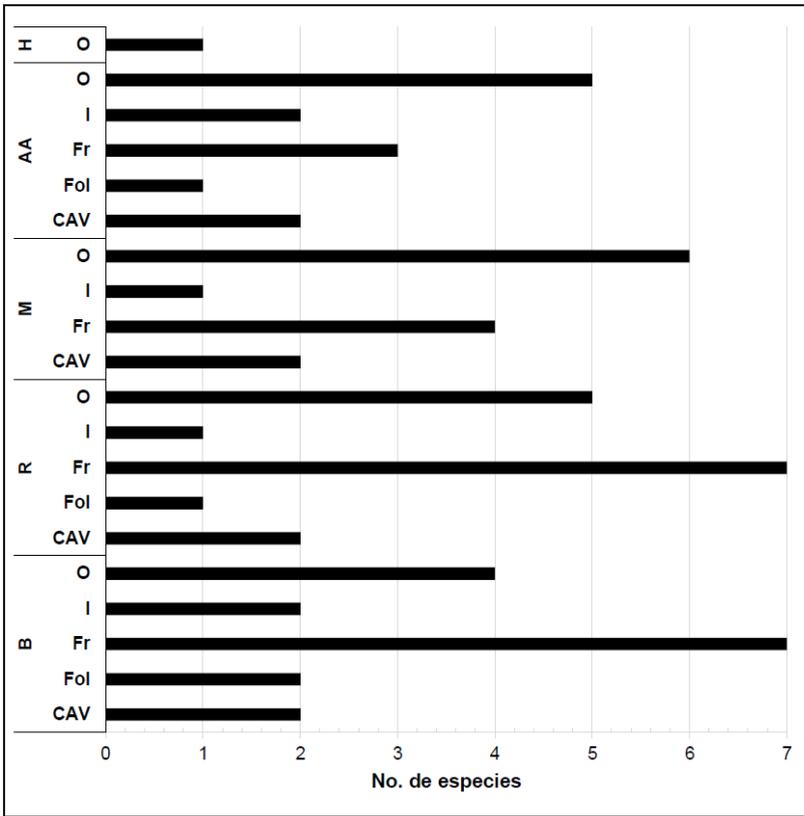


Figura 28. Número de especies de mamíferos por gremios tróficos en cada una de las áreas del sector de la Golconda, PNN SYA. Áreas: Bosque Secundario (B); Rastrojo alto (R); Matorral denso (M); Área abierta (AA); Helechal (H). Gremios tróficos: Frugívoro (Fr); Omnívoro (O); Insectívoro (I); Folívoro (Fol); Carnívoro (CAV).

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Según Millennium Ecosystem Assessment (2005), todos aquellos beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas se denominan servicios ecosistémicos, y los clasifica en cuatro categorías: servicios de abastecimiento (comida, agua, madera, fibras, etc.), servicios de regulación (del clima, de enfermedades, de desechos, de calidad del agua, etc.), servicios culturales (con beneficios de recreación, estéticos, espirituales, etc.) y servicios de soporte (formación de suelo, fotosíntesis, flujo de nutrientes, etc.). Así mismo, plantea, que, si bien la cultura y la tecnología protegen a la especie humana contra los cambios del ambiente, esta depende primordialmente del flujo de los servicios ecosistémicos.

De otro lado, estos servicios se dan como resultado de un complejo y extenso proceso de interacciones entre las características geográficas, abióticas y los

diversos atributos propios de la diversidad de un territorio, las cuales funcionan de forma articulada, generando de forma secuencial otras funciones ecológicas, que pueden representar beneficios para el ser humano, conllevando a que este les asigne algún valor (MINAMBIENTE & IAvH, 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior, en el sector de la Golconda, es posible reconocer tres tipos de servicios

ecosistémicos, de abastecimiento, de regulación y culturales. Los primeros, representados en el recurso hídrico, ofrecido por la presencia de quebradas asociadas a la microcuenca Cincomil; los segundos, asociados a regulación de la calidad del agua y del aire, y la regulación del clima, dados por la presencia de áreas de bosque; los últimos, representados en valores estéticos, gracias al paisaje que ofrecen las formaciones boscosas presentes (Figura 29).

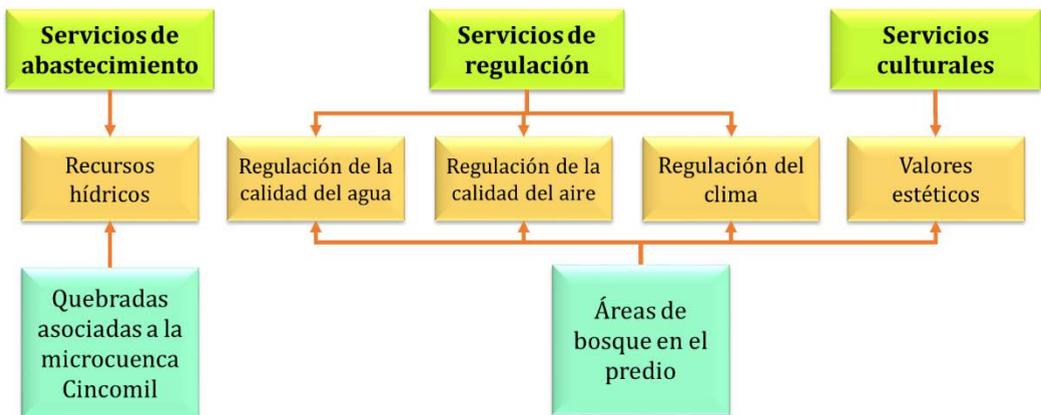


Figura 29. Servicios ecosistémicos ofrecidos por el sector de la Golconda, PNN SYA.

TIPOS DE ÁREAS DISTURBADAS

Uno de los primeros pasos en un proceso de restauración ecológica, es la observación y análisis del ecosistema a restaurar. Con estos elementos se puede proceder a definir las *referencias ecológicas*, que consiste en establecer la composición de las especies, la estructura de la comunidad, las condiciones físicas del entorno abiótico, los organismos que allí habitan y las influencias antropogénicas que pueden ayudar o afectar el proceso (Aronson & Clewell, 2013).

En el sector de la Golconda se identificaron principalmente dos disturbios, ampliación de frontera agrícola y tala selectiva de especies maderables, las cuales conllevan a transformación de las áreas afectadas.

Teniendo en cuentas las áreas identificadas, fue posible realizar una descripción de las coberturas vegetales consideradas como referencias ecológicas para el proyecto, las cuales se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11. Coberturas vegetales consideradas como referencias ecológicas.

Cobertura	Tipo de vegetación predominante	Diversidad
Áreas dominadas por especies de gramíneas introducidas de origen africano, en particular <i>Urochloa decumbens</i>	Herbazal	Asteraceae: <i>Chromolaena tacotana</i> , <i>Ageratina baccharoides</i> ; Melastomataceae: <i>Miconia aeruginosa</i> , <i>Clidemia ciliata</i> ; Fabaceae: <i>Desmodium adscendens</i> y Rubiaceae: <i>Borreria anthospermoides</i> y <i>Coccocypselum lanceolatum</i> .
Áreas dominadas por <i>Pteridium arachnoideum</i>	Arbustal-herbazal	Dominancia de <i>Pteridium arachnoideum</i> . Se observan especies de las familias Melastomataceae, Rubiaceae, Poaceae y algunos árboles de las familias Clethraceae e Hypericaceae (<i>Vismia baccifera</i>)
Matorral denso	Arbustiva y árboles pequeños	Diversas especies de la familia Melastomataceae como <i>Clidemia ciliata</i> , <i>Miconia dodecandra</i> , <i>Tibouchina lepidota</i> . -Otras familias como Asteraceae (<i>Baccharis cf. oblongifolia</i> , <i>Chromolaena tacotana</i>), Rubiaceae (<i>Coccocypselum lanceolatum</i> , <i>Psychotria erythrocephala</i>) y Poaceae.
Rastrojo alto	Arbustiva y arbórea	Áreas dominadas por especies nativas de las familias Clethraceae, Melastomataceae, Lauraceae y Asteraceae.
Áreas de bosque destruido por tala rasa con regeneración natural superior a 10 años	Arbóreo	Cyatheaceae, Lauraceae (<i>Ocotea longifolia</i>), Melastomataceae, Rubiaceae (<i>Coccocypselum lanceolatum</i>), Hypericaceae (<i>Vismia baccifera</i>) y Clethraceae (<i>Clethra fagifolia</i>)
Áreas de bosque degradado por tala selectiva y al menos 20 años de abandono	Arbóreo	Anacardiaceae, Lauraceae, Rubiaceae y Melastomataceae. En el estrato arbustivo se encuentran individuos de las familias Melastomataceae, Arecaceae y Araliaceae.

ESTADO DE CONSERVACIÓN

Con el diagnóstico de restauración para el sector de la Golconda, se deduce una pérdida de la función ecológica de los ecosistemas riparios del sistema fluvial producto de un régimen de disturbios que involucra la ampliación de la frontera agropecuaria. El resultado es la existencia de un área altamente degradada, restringido su uso agropecuario –a partir de la creación del área protegida de orden nacional PNN SYA– y abandonada (una vez finalizado el proceso de saneamiento predial en 2015), luego de haber sido utilizada durante décadas para el pastoreo intensivo, con alteración del sistema de drenaje natural, compactación de suelo y dominancia de especies de gramíneas introducidas de origen africano; aspectos que probablemente condicionan el establecimiento de la vegetación nativa, hipótesis

que debía validarse mediante implementación de estrategias asociadas al procesos de restauración ecológica.

A escala paisajística, se han observado y caracterizado coberturas de bosque andino ripario con elementos representativos del ecosistema natural conservado sobre la misma microcuenca Cincomil; hay evidencias (al menos en primeras observaciones), de fuentes de propágulos relevantes para avanzar en las áreas degradadas hacia este tipo de coberturas vegetales naturales; se ha evidenciado presencia de especies de fauna nativa que favorecerá el potencial de dispersión. Todo ello condiciona la capacidad de regeneración natural en el área a intervenir.

Mediante entrevista semiestructurada al antiguo propietario del sector de la Golconda, se realizó una aproximación al régimen de disturbio del área de influencia directa del proyecto con temporalidad no superior a 15 años. Otros testimonios fueron recogidos esporádicamente entre actuales vecinos del área en la Vereda Hoya Negra y funcionarios del PNN SYA.

Para el mejoramiento de las pasturas se introdujeron diversas especies de gramíneas exóticas como *Urochloa decumbens*, las cuales fueron sembradas a partir del año 2006, aproximadamente. Las áreas de pastizales próximos a las dos quebradas de interés del proyecto no tienen ningún tipo de mantenimiento, por lo menos, desde el año 2009. Es decir, que representan áreas abandonadas con al menos siete años en proceso de sucesión ecológica secundaria.

Previo al uso dado por el último propietario, diversos actores entrevistados coinciden en indicar que el principal uso del suelo en décadas pasadas, fue la ganadería extensiva con el mantenimiento permanente de al menos trescientas cabezas de ganado (Figura 30). En los pastizales se observan diversas comunidades de vegetación nativa dominada por especies arbóreas y arbustivas, diversos actores coinciden en indicar que no son usadas para fines productivos hace al menos veinte años, lo que puede interpretarse como un proceso de sucesión arrestada natural en comparación con otras áreas de bosque andino.



Figura 30. Cobertura dominada por el *Urochloa decumbens*. En áreas dominadas por estas gramíneas, se observan especies nativas de las familias Asteraceae, Melastomataceae y Rubiaceae.

La hipótesis de trabajo se vincula a procesos relacionados con factores limitantes (pendiente, vientos y afloramientos rocosos) en el área disturbada, con procesos de competencia interespecífica con especies exóticas (p. ej.: gramíneas que modifican condiciones del suelo para reducir capacidad germinativa de especies nativas) y factores bióticos, como la disminución de diversidad funcional y fauna dispersora.

En el análisis de la información se identificaron una serie de "situaciones de manejo" que enfrenta o enfrentará la administración del PNN SYA sobre el área para el alcance a mediano y largo plazo de los objetivos de la restauración ecológica; por tanto, fundamentales para el proceso de planeación estratégica del manejo del área y que aportan claros elementos para su ordenamiento. En el área del proyecto se identificaron cuatro situaciones prioritarias a saber: la ganadería intensiva y actividades culturales asociadas; el establecimiento de especies gramíneas exóticas con potencial invasor; la necesidad de fortalecer la relación gente-medio natural

(socioecosistema); la necesidad de posicionar al área en su función ecológica y al papel de la educación ambiental; y los vacíos de conocimiento sobre los atributos de la biodiversidad y los procesos que hacen parte de estos ecosistemas.

4.3 EL VIVERO

Los viveros son el motor principal de los proyectos de restauración ecológica y están enfocados en la recuperación de la cobertura vegetal, a partir de la plantación de especies vegetales, ya que en ellos se producen las especies seleccionadas para implementar las estrategias de restauración (Fig. 31).



Figura 31. Vivero del proyecto de restauración en el sector de la Golconda, Hato, PNN SYA.

Producir *in situ* el material vegetal de un proyecto de restauración, trae consigo ventajas desde el punto de vista económico, logístico, pero lo más importante, desde el contexto ecológico. Al implementar los procesos de propagación de especies nativas, se asegura un manejo adecuado y controlado del desarrollo del material vegetal, lo que permite aumentar las probabilidades de supervivencia de las especies una vez plantadas. Así mismo, la propagación *in situ*, reduce los riesgos biológicos, como plagas y enfermedades, y aumenta la diversidad genética de las poblaciones de plantas y la riqueza de especies.

La propagación de especies vegetales para los proyectos de restauración ecológica, busca producir especies capaces de establecerse en condiciones ambientales extremas, con el fin de generar hábitats propicios para el arribo natural de nuevo material de especies nativas. Este propósito, hace de la propagación de especies

nativas, uno de los retos más relevantes de los proyectos, ya que la selección de especies se direcciona hacia los rasgos funcionales de estas, y no a la selección de especies comerciales, sumado a esto, la disponibilidad de semilla y plántulas es un factor dependiente de las dinámicas naturales del ecosistema, y no del proyecto en sí. Por tal motivo, la producción del material vegetal se convierte en una fase de ensayo-error y desarrollo, debido al desconocimiento para la propagación de muchas de las especies seleccionadas y a los factores azarosos propios de los sistemas naturales.

La carencia de información y conocimiento de las dinámicas naturales y de las especies como por ejemplo: la fenología de las especies, sus rasgos de vida, interacciones interespecíficas, mecanismos de propagación, entre otras, requiere inevitablemente de la participación de las comunidades locales, quienes con su conocimiento tradicional y empírico, colman los vacíos de información existentes, representado en la consecución de los objetivos y metas propuestas (en este caso, la propagación de especies nativas). Así mismo, la participación social en los proyectos de conservación como lo es, la restauración ecológica, permite fortalecer y restaurar, las relaciones entre el ser humano y la naturaleza, promoviendo la apropiación y sensibilización sobre los territorios.

El proyecto de restauración ecológica del sector de la Golconda, PNN SYA, utilizó el vivero como puente de comunicación e integración de conocimientos entre las comunidades locales y los investigadores de la UPTC, para lograr la propagación *in situ* de más de 10.000 plantas representadas por 22 especies nativas, las cuales fueron plantadas en las áreas de intervención y presentan una supervivencia general de más del 90% (ver Capítulo 5).

La función del vivero establecido en PNN SYA, consistió en tener especies nativas de diversos hábitos de crecimiento (herbáceo-leñoso, subarborescente arbustivo y arbóreo), y desarrollar la estrategia de restauración ecológica, para lo cual se establecieron fases de trabajo, así:

- 1) Caracterizar la flora existente teniendo en cuenta riqueza, diversidad y oferta de semillas;
- 2) Períodos de floración y fructificación, además de disponibilidad de semillas en el año, en conjunto la fenología;
- 3) Tratamientos pre germinativos y ensayos de propagación *in vitro* y *ex vitro*;
- 4) Sustratos más efectivos para la germinación;
- 5) Material a rusticación, y estrategias de nutrición y manejo fitosanitario.

Estas estrategias lograron un alto porcentaje de sobrevivencia plantular en el vivero en cada periodo (años 2016 a 2018), sin dejar de lado los rasgos de historia de vida y atributos vitales, bajo la concepción de grupos funcionales, requeridas en los diseños de restauración para cada área de intervención, con unas metas de producción anual.

Fase de propagación vegetal

Se realizaron recorridos al área y ecosistemas de referencia, previa identificación cartográfica e información proporcionada por pobladores locales; el resultado se concentró a tres fines fundamentalmente: 1) La marcación de las especies vegetales seleccionadas para los monitoreos de los estados fenológicos, estableciendo las épocas de fructificación y maduración, que generalmente están asociadas con los períodos de lluvias en el área de interés; 2) simultáneamente el proceso de recolecta de frutos maduros, de acuerdo a unos indicadores morfológicos (tamaño, brillo, forma de dehiscencia, peso y coloración del fruto) y fitosanitarios (semilla y embrión sanos sin daños mecánicos), y 3) la tarea de identificación de nuevas fuentes semilleras con fines de ampliar la variabilidad genética (Fig. 32).



Figura 32. Recolección de semillas. **A.** Selección de fuente semillera; **B.** Recolección de frutos para extracción de semillas; **C.** Escogencia de frutos.

Al momento de la recolecta, para frutos secos dehiscentes, el proceso se hizo antes de iniciar la apertura natural, para frutos carnosos se atendió a los indicadores descritos anteriormente. De forma complementaria, se aplicaron las recomendaciones de Martínez-Peña (2012) a tener en cuenta en el proceso de recolecta, que implicaron:

- Recolectar muestras de más de una población por especie (en el caso de nativas, dependiendo la disponibilidad de material que se encuentre en las áreas de recolección);

- Albergar una población grande, procurando que las plantas estén adaptadas a un hábitat similar al sitio que se va a restaurar;
- Que el proceso de recolecta no sea en áreas naturales, vulnerables (p. ej.: en remanente únicos), o en sitios infestados por malezas o invasoras;
- No recomienda tomar frutos o semillas del suelo.

El procedimiento para el beneficio de frutos carnosos, consistió en someterlos a un proceso de fermentación, dentro de un material plástico o en un balde con agua; luego, se procedió a macerarlos y retirar la pulpa; en frutos secos dehiscentes, se dejaron sobre un papel periódico resguardado de la luz directa y se dio espera para que el fruto iniciara su dehiscencia. En frutos secos indehiscentes, la apertura se hizo manualmente.

Entre las lecciones aprendidas para el beneficio de frutos se encuentran: a) en plantas compuestas (Asteraceae), se redujo el contacto con las semillas al hacer la extracción; b) no es recomendable manipular cápsulas, aquenios, entre otros, ya que puede causar lesiones al embrión.

Debido principalmente a que se presentaron efectos directos de herbivoría floral, afectando la formación del fruto y el desarrollo de la semilla especialmente para arbustivas, para *Lessingianthus yariguensis* (especie arbustiva priorizada por ser endémica de Yariguíes), se optó por emplear otra técnica de recolecta relacionada con el reclutamiento plantular, resultante de un proceso de regeneración natural.

Según el monitoreo de los estados fenológicos de las especies en el sector de la Golconda, se registraron los de floración y fructificación de las siguientes familias, Lauraceae, Clethraceae, Anacardiaceae, Rubiaceae, Winteraceae, Euphorbiaceae, Asteraceae, Clusiaceae, Margraviaceae, Melastomataceae, Myrtaceae, Adoxaceae, Chloranthaceae y Piperaceae. No obstante, según reportes locales, la *variabilidad climática* resultado de la intensidad y extensión de los fenómenos Niño-Niña han alterado los ciclos de floración-fructificación de algunas especies, y por tanto, ha condicionado la posibilidad de propagación *ex situ*.

Se realizaron algunas pruebas que permitieron identificar la pureza de la semilla, la viabilidad y la capacidad de germinación; un ejemplo de las pruebas (a partir de Hernández et al., 2005; <http://www.semicol.co>) que se implementaron en el marco de este proyecto se describen en la Tabla 12.

Tabla 12. Pruebas para la valoración de la calidad de la semilla empleadas en PNN SYA (Hernández et al., 2005; <http://www.semicol.co>).

DESCRIPCIÓN	
Pureza física	Consiste en analizar la pureza para identificar la composición en peso de la muestra que se analiza y así establecer la composición del lote de semillas.
Germinación	Para el cálculo del porcentaje de germinación se aplica una relación porcentual entre el número total de semillas sembradas y el número total de semillas que germinaron dentro del periodo determinado, método directo que permite evaluar la viabilidad y vigor de un lote de semillas.
Viabilidad	El objetivo es determinar la capacidad potencial que tiene la semilla para germinar bajo condiciones favorables, la prueba más rápida de viabilidad es la inspección ocular de la semilla.
Sanidad	El propósito es determinar el estado sanitario de un lote, se observa la presencia de patógenos (hongos y bacterias) que pueden causar posibles enfermedades y también se evidencia observando la presencia de insectos dañinos que puedan afectar la calidad de la semilla.

Por medio de la evaluación de la calidad de las semillas, producto de los recorridos en campo, se obtuvieron porcentajes de germinación, superiores al 60% de todas las especies recolectadas en cada período, a esto se le atribuye la cuantificación de un número de individuos representativo para el proceso de domesticación y rustificación en la etapa de vivero.

De este modo, se clasificaron los siguientes grupos de especies con mejor vigor germinativo, dada la calidad de la semilla, así: *Tibouchina lepidota*, *Baccharis nitida*, *Miconia dodecandra*, *Vismia baccifera*, *Clethra fagifolia*, *Miconia lehmanii*, *Vismia* aff. *ferruginea*, *Clidemia capitellata*, *Chromolaena tacotana*, *Clidemia ciliata*, *Viburnum tinoides*, entre otras especies nativas leñosas que se establecieron en función de las características de cada área disturbada, dominada por pastizales (*Urochloa decumbens*), helechales (*Pteridium arachnoideum*) y en áreas de borde de bosque.

Graffenrieda maklenkensis y *Lessingianthus yariquiensis*, fueron también marcadas e incluidas en el proceso de restauración dadas sus categorías de amenaza (Caro-Melgarejo et al., 2018).

Debido al desconocimiento eco-fisiológico de las especies trabajadas, se aplicaron tratamientos pre-germinativos para la mayoría de las semillas recolectadas, que correspondió a la imbibición en

agua limpia, a temperatura ambiente, con cambio de agua cada 24 horas a diferentes periodos de imbibición (semillas embebidas vs. porcentajes de germinación), así mismo, se empleó el tratamiento, con el fin de disminuir los niveles de latencia de algunas especies recolectadas.

Se adoptó la propuesta de Burgos & Villota (2003), que plantea mecanismos para avanzar en la comprensión de las interacciones entre las especies y su funcionalidad ecológica *in situ*, y propone métodos que facilitan replicar algunas de estas condiciones en medios *ex situ* adaptados, con el propósito de que su propagación y producción no presente problemas, como los frecuentemente observados en monocultivos, entre ellos: la pérdida de diversidad genética, plagas y enfermedades.

De esta manera, se realizaron ensayos de propagación vegetativa *in situ*, a partir de estacas leñosas y semileñosas de *Ageratina* sp., los resultados demostraron en las condiciones del estudio, que es posible establecer huertos semilleros (sexual y asexual) en su hábitat natural sin condicionar humedad, agua, luz y temperatura.

Como estrategia de reproducción, se realizaron ensayos con *Monnina bracteata*, *Ageratina baccharoides*, *Piper umbellatum* y *P. eriopodon* a partir de la propagación vegetativa, con el objetivo de no limitarse a la oferta y disponibilidad de semillas.

Las primeras especies propagadas en vivero correspondieron a *Clusia ellipticifolia* y *C. alata*, *Lessingianthus yariguensis*, *Marcgraviastrum macrocarpum*, *Myrsine guianensis*, *Miconia dodecandra*, *Ageratina baccharoides*, *Cromolaena tacotana*, *Tibouchina lepidota*, *Clethra fagifolia* y *Vismia ferruginea*. Del total de las especies propagadas se evidenciaron los primeros meristemos foliares transcurridos 22 días en *C. tacotana*, *A. baccharoides* y *M. macrocarpum*; por lo tanto, están categorizadas dentro de un rango de velocidad de germinación y crecimiento rápido.

Dentro de la categoría de las especies de rápido crecimiento se ubica la familia Asteraceae, que comprenden hábitos arbustivos y subarbustivos y que apuntó a las estrategias de restauración para zonas de pastos enmalezados (dominadas por gramíneas exóticas). Especies con velocidad de crecimiento lento correspondieron a la familia Melastomataceae.

En *Clidemia ciliata*, *Chromolaena tacotana*, *Tibouchina lepidota* y *Miconia dodecandra*, se obtuvo un mayor número de individuos, requeridos para zona de herbazales (dominadas por helechales de *Pteridium arachnoideum*).

En el I y II período del año 2017, se obtuvo un número mayor a 300 individuos en los siguientes géneros: *Viburnum*, *Oreopanax*, *Tapirira*, *Heliocarpus*, *Clusia*, *Marcgraviastrum*, *Ocotea*, *Eugenia*, *Myrsine*, *Miconia* y *Lessingianthus*.

Mortalidad

De las especies trasplantadas pertenecientes a *Piper eriopodon*, *P. umbellatum*, *Clidemia ciliata*, *Tibouchina grossa* y *Miconia dodecandra*, la mortalidad de individuos fue del 22%, siendo *M. dodecandra* la especie que no logró adaptarse al trasplante y *Marcgraviastrum macrocarpum*, a razón de las intensas precipitaciones en el área de estudio, provocando depósitos excesivos de agua en las bolsas, lo que ha conllevado al desarrollo de hongos fitopatógenos y bacterias, llevando a la muerte plantular.

En el periodo comprendido entre octubre-diciembre de 2017, se observa una disminución importante en la tasa de mortalidad con solo 32 individuos, lo cual demostró que las estrategias de mitigación implantadas en el vivero, relacionado con labores de manejo integrado de patógenos con preparados orgánicos y una mayor efectividad en la preparación de sustratos, para el encapachado en bolsa agregando una mayor proporción de sustratos que brinden porosidad a la mezcla, dieron como resultado, una mortalidad por debajo de cinco individuos, que representa menos del 6% de cada lote propagado.

Sustratos y siembras

En la fase de germinación, se incorporaron sustratos, con alta capacidad de retención de humedad, porosidad y aireación; de ahí que las composiciones y proporciones se asociaron a través de las siguientes mezclas: *turba + tierra, vermiculita + tierra y capote + tierra*, en proporciones (40:60) respectivamente; durante esta fase, se incorporó *Trichoderma harzianum*, que actuó como agente antagonista, generando un control biológico de hongos fitopatógenos. Es así como, el empleo de

productos biológicos (ajo, manzanilla, entre otros) permitió mantener un equilibrio natural, propagándose controladores biológicos y organismos parasitoides, para la regulación de poblaciones de insectos plaga (áfidos y ácaros, principalmente), comunes en la etapa de crecimiento y desarrollo del material plantular en vivero.

Basados en el ejercicio práctico establecido en el vivero y analizando algunas características favorables de los sustratos orgánicos empleados, se encontró que el empleo de turba y vermiculita tuvieron efectos similares en el proceso germinativo de las semillas, y se constituyeron en una alternativa en la fase de propagación; los mejores porcentajes de germinación se adquirieron especialmente en géneros correspondientes a las familias Melastomataceae (*Miconia*, *Clidemia* y *Tibouchina*), así como Asteraceae (*Ageratina*, *Tacotana* y *Lessingianthus*) y Piperaceae (*Piper*). El capote se constituyó en un sustrato muy útil en la fase de germinación y emergencia plantular, el proceso consistió en recolectar pequeñas cantidades del suelo donde se ubicaba el árbol, con el fin de tener presente la asociación de las especies y las micorrizas; adicionalmente, estos sustratos son esterilizados.

Fase de producción vegetal

Los sustratos conformados por tierra, bocashi, cascarilla de arroz y cal dolomita, se utilizaron para el llenado de bolsas. El abono (tipo bocashi), en su preparación fue de bajo costo, y se elaboró principalmente con ingredientes de origen casero, como estiércol de vacuno, residuos de cocina (frutas y verduras), arvenses, levadura seca, cal dolomita y melaza o panela derretida.

De esta manera, las tareas de mayor relevancia en la etapa de producción, consistieron en la elaboración y constante producción de abonos orgánicos, que complementaron la mezcla y composición del sustrato para el llenado de bolsas y el trasplante del material vegetal.

Se abordó como alternativa para la desinfección del sustrato la *exposición a radiación solar o solarización* (*sensu* Panduro, 2014), que corresponde a un método físico hidrotérmico utilizado para preparar el sustrato, a través de la humectación del suelo hasta que se satura, y luego se cubre con un plástico expuesto al sol, durante 25 a 45 días. Las variaciones de calor generado debajo del plástico causan la muerte de los organismos patógenos.

Referente a manejos fitosanitarios (plagas, enfermedades y daños abióticos), en el vivero se adoptaron algunas de las prácticas citadas por Romero (2002) y Mason & Dennis (2004), que comprenden: desinfección del sustrato, semillas, recipientes, áreas para el depósito de tierra y herramientas de trabajo; además, gestión mediante una red de drenaje, para evitar la acumulación de aguas superficiales y desfavorecer así la aparición de enfermedades en las plántulas, como hongos o bacterias con potencial patógeno. La estrategia se fundamentó en métodos ecológicos para controlar el uso de agroquímicos al interior del área protegida.

Otras acciones preventivas implementadas en el material, consistieron en la elaboración de extractos orgánicos de acción fungicida, insecticida y nemátocida (ceniza, vinagre, jabón rey, ajo, ají, ortiga, tabaco y manzanilla) principalmente; dichas

estrategias tuvieron un impacto importante en términos económicos y ecológicos. Se tuvo la oportunidad de conocer los efectos alelopáticos de las plantas, identificarlas, recuperar, aplicar y transformar el conocimiento local, a partir de la elaboración de extractos naturales como estrategias de manejo agroecológico en el vivero.

Para las aplicaciones edáficas se empleó la técnica en Drench, con el riego suministrado para las plantas. La periodicidad fue cada 60 días en material embolsado; para individuos en semilleros, no se efectuaron manejos nutricionales, solo manejos preventivos para la regulación de plagas y enfermedades.

La importancia de un plan de mejoramiento para la estructura del sustrato, permitió la aireación, penetración del agua, retención de humedad, el intercambio de cationes nutritivos, la regulación del pH, suministro de nutrientes y aumento de la diversidad microbiana (*sensu* Durán-Umaña & Henríquez, 2010) (Fig. 33).



Figura 33. Propagación de plantas en en vivero del sector de la Golconda del PNN SYA. **A.** Semillero de siembra; **B.** Germinación de semillas; **C.** Plántulas transplantadas a bolsas; **D.** Marcaje de lotes de plántulas; **E-F.** Lotes de plántulas.

Dentro de los procesos para llevar a cabo la restauración ecológica de las 16,18 ha, en el sector de la Golconda, se ejecutó la línea de propagación de especies nativas, esta actividad inició a partir del mes de abril de 2016, hasta el mes de junio de 2018, así:

Período 2016: para los tratamientos de vegetación en las áreas destinadas a la restauración y los diseños de nucleación (entre 20-30 cm salen las plantas del vivero a campo), se utilizaron tres tipos de estrategias, a saber: 1) incremento de

diversidad funcional en los núcleos; 2) nucleación asistida en áreas dominadas por *Urochloa decumbens* o *Pteridium arachnoideum*, y 3) ampliación de bordes de avance del bosque ripario.

Se propagaron especies nativas leñosas de diversos grupos funcionales y hábitos (arbóreos, arbustivos y subarbustivos), inicialmente con 1.607 individuos, agrupados en *Lessingianthus yariguiensis*, *Clusia ellipticifolia* y/o *Clusia alata*, *Marcgraviastrum macrocarpum* y *Chromolaena tacotana*; posteriormente, se produjo material de, *Tibouchina lepidota*, *Miconia dodecandra*, *Piper eriopodon*, *P. umbellatum*, *Vismia baccifera*, *V. ferruginea*, *Clethra fagifolia*, *Miconia lehmannii*, *Psychotria erythrocephala*, *Viburnum tinoides*, *Drimys granadensis*, *Hedyosmum bonplandianum*, *Clusia ellipticifolia*, *C. alata*, *Clidemia ciliata*, *Croton* sp., *Alchornea latifolia*, *Ocotea* sp., *Ageratina baccharoides*. *Miconia dodecandra*, *Clidemia ciliata* y *Myrsine guianensis*, que aumentaron la riqueza de especies.

Período 2017: durante el I semestre del 2017, se realizó intervención en 3,08 ha, donde se sembraron 1.844 plántulas, propagadas en el vivero y finalizó el año con la producción de 8.000 plántulas. El material vegetal se agrupó en 22 especies nativas; las implicaciones directas se reflejaron en el establecimiento de 30 núcleos en pastizal (aproximadamente 5.400 plántulas) y ampliación de bordes de bosques en ecotonos mediante siembras en líneas (con 2.000 árboles), a octubre de 2017.

De otra parte, el vivero avanzó en la producción de material vegetal en almacenamiento para suplir contingencias (replante por mortalidad), al menos 10% del total plantado, acercándose a un excedente cerca de 1.000 plántulas, de las cuales más de 600 (60%) estuvieron en un rango de alturas desde los 30 cm (arbustivas) hasta los 40 cm (arbóreas).

Período 2018. Se cumplió con la producción y el remanente de material con fines de resiembra, quedando en vivero 4.418 individuos agrupados en 15 especies, pertenecientes a los géneros *Ocotea*, *Calliandra*, *Erythrina*, *Alibertia*, *Psychotria*, *Piper*, *Myrsine*, *Marcgraviastrum*, *Lessingianthus*, *Oreopanax*, *Clethra*, *Miconia*, *Geissanthus*, *Monnina* y *Ageratina* (Fig. 34).



Figura 34. Stock de material con fines de resiembra en vivero temporal (15 especies nativas para ampliación de núcleos o nuevas áreas) en Golconda, PNN SYA. **A.** Agrupación de plantas en endurecimiento; **B.** Plantas bajo penumbra listas para salir a siembra; **C.** Plantas en exposición directa de sol para salir a siembra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. & Vargas, O. 2008. Banco de semillas germinable. Capítulo 14. En: Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino el caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca, pp. 251-265. Vargas, O. (Ed.). Bogotá, Colombia, Ed., Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias.
- Alonso, L.E. 2000. Ants as indicators of diversity. En: Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity biological diversity Handbook Series, p. 80-88. Agosti, D., Majer, J., Alonso, L.E., Schultz, T. Eds., Washington D.C., Smithsonian Institution Press.
- Andersen, A.N. & Sparling, G.P. 1997. Ants as indicators of restoration success: relationship with soil microbial biomass in the Australian seasonal tropics. *Restoration Ecology*, 5: 109-114.
- Andrade, G. 2011. Inventario taxonómico de los artrópodos y distribución del orden Lepidóptera del PNN Serranía de Los Yariquíes (municipio Carmen de Chucurí, Santander). En: Calderón-Espinosa, M.L. Informe de la "Prác-

- tica docente en la vertiente occidental del PNN Serranía de Los Yariguíes, municipio del Carmen de Chucuri, vereda la bodega, sector Manchurrias", realizada entre el 13 y el 24 de marzo del 2011. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 77 p.
- Andrade-C, M.G. 2007. Lepidoptera. En: Libro Rojo de los Invertebrados Terrestres de Colombia. Bogotá, Panamericana.
- 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, pp. 159-166. Fernández, F. (Ed.). Bogotá, Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Aronson, J. & Clewell, A.F. 2013. Restauración ecológica: principios, valores y estructura de una profesión emergente. 2da. Edición. Island Press.
- Ayala, M. 2016. Componente vegetación. En: González, S., Torres, N., Avila, Y., Lozano, J. & Guauque, A. Documento diagnóstico para la restauración de 750 ha en la zona norte del PNN SYA. San Vicente de Chucurí, Santander.
- Bossuyt, B., Honnay, O. & Hermy, M. 2003. A landscape ecological view of succession in a chronosequence of wet dune slacks. *Journal of Vegetation Science*, 14: 781-788.
- Boyla, K. & Estrada, A. (Eds.). 2005. Áreas importantes para la conservación de las aves en los Andes tropicales. BirdLife Ecuador, Ecuador.
- Briceño, E. 2005. Mammals and community work. En: Donegan T.M. & Huertas B. (Eds.). Threatened species of Serranía de Los Yariguíes: final report. 81 pp. Colombian EBA Project Report Series 5. Published online by Fundación ProAves, Colombia. URL: www.proaves.org.
- Burgos, J. & Villota, A. 2003. Aplicación de la metodología de complejos simpliciales en las interacciones biológicas de frugivoría y dispersión de semillas en grupo de aves de la Reserva Biológica de Carpanta. *Colombia Forestal*, 8(16): 32-47. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2003.1.a03>
- Calderón-Espinosa, M.L. 2011. Informe de la "práctica docente en la vertiente occidental del PNN Serranía de Los Yariguíes, municipio del Carmen de Chucurí, vereda la bodega, sector Manchurrias", realizada entre el 13 y el 24 de marzo del 2011. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 77 p.
- Caro-Melgarejo, D.P., Morales-Puentes, M.E. & Gil-Novoa, J.E. (Coord.). 2018a. Revelando tesoros escondidos: flora y fauna flanco oriental de la Serranía de Los Yariguíes. Tunja: Editorial UPTC. 125. 290 p.
- Caro-Melgarejo, D.P., Gil-Leguizamón, P.A. & Morales-Puentes, M.E. 2018b. Avances en el conocimiento de la flora vascular del flanco oriental de la Serranía de Los Yariguíes, Santander-Colombia. *La Botánica en Latinoamérica, Realidad y Desarrollo Virtual, Memorias. XII Congreso Latinoamericano de Botánica*. Quito-Ecuador. p. 686.
- Caro-Melgarejo, D.P., Gil-Leguizamón P.A., Alvarado-Fajardo V.M. & Morales-Puentes, M.E. 2017. Avances en estudios de la flora vascular, flanco oriental de la Serranía de los Yariguíes (Hato) Santander-Colombia. *Ciencia en Desarrollo. El (Suplemento Especial)*, p. 656.
- CAS. Corporación Autónoma de Santander. 2005. Acuerdo 007 de 2005 DMI-Serranía de Los Yariguíes.

- CAS. Corporación Autónoma de Santander. 2006. Acuerdo 0058 de 2006 DMI-Ciénaga San Silvestre.
- Castellanos-Morales, C.A., Marino-Z., L.L., Guerrero, L. & Maldonado-O, J. 2011. Peces del departamento de Santander, Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 35(135): 189-212.
- Castro, J., Zamora, R., Hódar, J.A., Gómez, J.M. & Gómez, L. 2004. Benefits of using shrubs as nurse plants for reforestation in Mediterranean mountains: a 4 years study. *Restoration Ecology*, 12(3): 352-358.
- Chao, C. & Jost, L. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 9: 2533-2547.
- Díaz, C., Monsalve, D. & Rey, H. 2008. Propuesta Plan de Manejo Parque Nacional Natural Serranía de Los Yariquíes. Dirección Territorial Norandina. 105 p.
- Díaz-Pulido, A., Aguilar-Garavito, M., Pérez-Torres, J. & Solari, S. 2015. El monitoreo de los mamíferos en los procesos de restauración ecológica. En: Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres, Aguilar-Garavito, A. Ramírez, W. Bogotá, D.C., Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- 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.
- Donegan T.M. & Huertas B. (Eds.). 2005. Threatened Species of Serranía de Los Yariquíes: Final Report. 81 pp. Colombian EBA Project Report Series 5. Published online by Fundación ProAves, Colombia. URL: www.proaves.org.
- Donegan, T.M., Avendaño, J.E., Briceño, E., Luna, J.C., Roa, C., Parra, R., Turner, C., Sharp, M. & Huertas, B. 2010. Aves de la Serranía de Los Yariquíes y tierras bajas circundantes, Santander, Colombia. *Cotinga*, (32): 72-89.
- Duarte-Sánchez & Mantilla-Barbosa. 2011. Composición de peces del PNN Serranía de Los Yariquíes. Informe Final. Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dirección Territorial Andes Nororientales. Parque Nacional Natural Serranía de Los Yariquíes. San Vicente de Chucurí. 19 p.
- Duarte-Sánchez & Garzón-Sanabria. 2011. Composición de libélulas y caballitos del diablo (Odonata) del PNN Serranía de Los Yariquíes. Informe Final. Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dirección Territorial Andes Nororientales. Parque Nacional Natural Serranía de Los Yariquíes. San Vicente de Chucurí. 15 p.
- Durán-Umaña, L. & Henríquez, C. 2010. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1): 85-93.
- EOT, Hato, Santander 2002. Esquema de Ordenamiento Territorial (Acuerdo No. 006, 23 de abril del 2002). Concejo Municipal Hato, Santander, 282 p.
- Escobar, S., Armbrecht, I. & Calle, Z. 2007. Transporte de semillas por hormigas en bosques y agroecosistemas ganaderos de los Andes Colombianos. *Agroecología*, 2: 65-74.
- Fagua, G., Amarillo, A. & Andrade, M.G. 1999. Las mariposas (Lep. Rhop.) como indicadores del grado de intervención en la cuenca del río Pato, Caquetá. En: *Insectos de Colombia II*, pp. 285-315. Amat, Andrade, Fernández

- (Eds.). Bogotá. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- Fundación Panthera. 2010. Evaluación Rápida de la Presencia de Jaguar (*Panthera onca*) en el Sector Suroccidental del Parque Nacional Natural Serranía de Los Yariquíes y su Zona de Amortiguación. Bogotá. 6 p.
- García-Moreno, A., Outerelo, R., Ruiz, E., Aguirre, J.I., Almodóvar, A., Alonso, J.A., et al 2012. Prácticas de zoología estudio y diversidad de los artrópodos insectos. *Reduca (Biología)*. Serie Zoología, 5(3): 42-57.
- Gómez-Aparicio, L. 2009. The role of plant interactions in the restoration of degraded ecosystems: a meta-analysis across life-forms and ecosystems. *Journal of Ecology*, 97: 1202-1214.
- Hernández M., Lobo M., Medina C., Cartagena J. & Delgado O. 2005. Comportamiento de la germinación y categorización de la latencia en semillas. *Agron. Colomb.*, 27(1): 15-23.
- Holl, K. 1999. Factor limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: seed rain, seed germination, microclimate and soil. *Biotropica*, 31: 229-242.
- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. 1990. *The ants*. Cambridge, Massachusetts, Belknap Press.
- Hooper, D.U., Chapin, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J. & Wardle, D.A. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1): 3-35.
- Huertas, B. & Arias, J.J. 2007. A new butterfly species from the Colombian Andes and a review of the taxonomy of the genera *Idioneurula* Strand, 1932 and *Tamania* Pycr, 1995 (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae). *Zootaxa*, 1652: 27-40.
- Huertas B.C. & Donegan T.M. (eds.). 2006. Proyecto YARÉ: Investigación y Evaluación de las Especies Amenazadas de la Serranía de Los Yariquíes, Santander, Colombia. BP Conservation Programme. Informe Final. Colombian EBA Project Report Series 7: 164p. www.proaves.org.
- Ibarra-Polesel, M.G., Damborsky, M.P. & Porcel, E. 2015. Escarabajos copronecrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) de la Reserva Natural Educativa Colonia Benítez, Chaco, Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3): 744-753.
- ISA. 2002. Prioridades de conservación de la biodiversidad de la Serranía de Los Yariquíes en Jurisdicción de la CAS. Plan de Manejo ambiental para la línea de Transmisión eléctrica Primavera-Guatiguará-Tasajero.
- ISAGEN S.A. 2008. Actualización de diseños para licitación y el estudio de impacto ambiental del proyecto Hidroeléctrico de Sogamoso. Gerencia de proyectos de generación. Medios Físico y Biótico.
- Jensen, A.M. 2011. Effects of facilitation and competition on oak seedlings. Using shrubs as nurse-plants to facilitate growth and reduce browsing from large herbivores. Doctoral Thesis No. 2011:58 Acta Universitatis Agriculturae Sueciae.
- Kalenisk, F., Sirolli, H., Collartes, M. 2013. Seed bank composition in a secondary forest in the Lower Delta of the Paraná River (Argentina). *Acta Botanica Brasilica*, 27(1): 40-49.

- Kremen, C., Colwell, R.K., Erwin, T.L., Murphy, D.D., Noss, R.F. & Sanjayan, M.A. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: Their use in conservation planning. *Conservation Biology*, 7(4): 796-808.
- Lamas, G. 2004. Atlas of Neotropical Lepidoptera Volume 5A; Checklist: 4A; Hesperioidea-Papilionoidea. Assoc. Trop. Lep. Inc, Gainesville.
- López, H. 2011. Los mamíferos vivientes del sector Manchurrias del PNN Serranía de Los Yariquíes. En: Calderón-Espinosa, M.L. Informe de la "Práctica docente en la vertiente occidental del PNN Serranía de Los Yariquíes, municipio del Carmen de Chucurí, vereda la bodega, sector Manchurrias", realizada entre el 13 y el 24 de marzo del 2011. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- López, R. & Martínez, E. 2011. Ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en cultivos de banano bajo manejo orgánico en Buritaca, Magdalena, Colombia. Trabajo de pregrado. Santa Marta, Colombia, Universidad del Magdalena.
- Maeto, K. & Sato, S. 2004. Impacts of forestry on ant species richness and composition in warm-temperate forests of Japan. *Forest Ecology and Management*, 187: 213-223.
- Majer, J.D. 1983. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land use, and land conservation. *Environmental Management*, 7(4): 375-383.
- Majer, J.D. 1992. Ant recolonization of rehabilitated bauxite mines of Poços de Caldas, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 8: 97-108.
- Majer, J.D. & de Kock, A.E. 1992. Ant recolonization of sand mines near Richards Bay, South Africa: an evaluation of progress with rehabilitation. *South African Journal of Science*, 88: 31-36.
- Martínez-Peña, F. 2012. Yield models for ectomycorrhizal mushrooms in *Pinus sylvestris* forests with special focus on *Boletus edulis* and *Lactarius* group *deliciosus*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.06.034>
- Mason, D. & Dennis, C. 2004. Post-harvest spoilage of scottish raspberries in relation to preharvest fungicide sprays. *Horticultural Research*, 18: 41-53.
- Medina, C.A., Lopera-Toro, A., Vítolo, A. & Gill, B. 2001. Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colombiana*, 2(2): 131-144.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis. Washington, D.C., Island Press.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Plan nacional de restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Bogotá.
- MAVDT, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2005a. Resolución 603, por medio de la cual se declara reserva y alindera el Parque Nacional Natural Serranía de Los Yariquíes.
- MAVDT, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2005b. Resolución 1140, por la cual se revoca parcialmente la Resolución 0603 del 13 de mayo de 2005, por medio de la cual se declara reserva y alindera el Parque Nacional Natural Serranía de Los Yariquíes.
- MAVDT, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2008. Resolución 637, por medio de la cual se revoca parcialmente el artículo primero de la Resolución 0603 del 13 de mayo de 2005, modificado por la Resolución 1140 de 2005.

- MINAMBIENTE & IAvH. 2017. Biodiversidad y servicios ecosistémicos en la planificación y gestión ambiental urbana. Bogotá, D.C.
- Montealegre, D. 2006. Estudio preliminar de los anfibios y reptiles de la Serranía de Los Yarigués. En: Huertas, B.C. & Donegan, T.M. (Eds.). 2006. Proyecto YARÉ: Investigación y evaluación de las especies amenazadas de la Serranía de Los Yarigués, Santander, Colombia. BP Conservation Programme. Informe Final. Colombian EBA Project Report Series 7. 164 p. www.proaves.org.
- Montenegro, A., Ávila-Parra, Y., Mendivelso, H. & Vargas, O. 2006. Potencial del banco de semillas en la regeneración de la vegetación del humedal Jaboque, Bogotá, Colombia. *Caldasia*, 28(2): 285-306.
- Morales-Castaño, I., Delgado, M., Parada, J., Bustamante, G., Escandón, D., Mendieta, M., Díaz, D., Farfán, N., Gil, J. & Pineda, L. 2010. Entomofauna del PNN Serranía de Los Yarigués, Santander, Colombia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Tunja. 30 p.
- Moreno, H. & Tinjacá, Z., 2018. Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Serranía de Los Yarigués 2018-2023. Territorial Andes Nororientales. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Simacota. 152 p.
- ONU. Organización de Naciones Unidas. 1992. Convenio sobre la diversidad biológica. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Ospina-López, L.A., García-Pérez, J.F., Villa, F. & Reinoso, G. 2010. Mariposas Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) de la cuenca del río Coello, Tolima, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 32(93): 173-188.
- Ottonetti L, Tucci L. & Santini G. 2006. Recolonization patterns of ants in a rehabilitated lignite mine in central Italy: potential for the use of Mediterranean ants as indicators of restoration processes. *Restoration Ecology*, 14: 60-66.
- Panduro, G.F. 2014. Preparación del sitio de plantación para *Schizolobium parahybum* (Vell.) S.F. Blake (pashaco).
- Pollard, E. & Yates, T.J. 1993. Monitoring butterflies for ecology and conservation. Londres. Chapman y Hall.
- Quintero-León, L., 2008. Informe final caracterización y estrategia de monitoreo del recurso hídrico del Parque Nacional Natural Serranía de Los Yarigués. Dirección Territorial Norandina. UAESPNN. 84 p.
- Ren H., Yang, L. & Liu, N. 2008. Nurse plant theory and its application in ecological restoration in lower subtropics of China. *Progress in Natural Science*, 18: 137-142.
- Ricketts, T.H., Dinerstein, E., Boucher, T., Brooks, T.M., Butchart, S.H.B., Hoffmann, M., Lamoreux, J., Morrison, J., Parr, M., Pilgrim, J.D., Rodrigues, A.S.L., Sechrest, W., Wallace, G.E., Berlin, K., Bielby, J., Burgess, N.D., Church, D.R., Cox, N., Knox, D., Loucks, C., Luck, G.W., Master, L.L., Moore, R., Naidoo, R., Ridgely, R., Schatz, G.E., Shire, G., Strand, H., Wettengel, W., Wikramanayake, E. 2005. Pinpointing and preventing imminent extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 51: 18497-18501.
- Ríos, L.N. & Aide, T.M. 2007. Herpetofaunal dynamics during secondary succession. San Juan, Puerto Rico, Department of Biology, University of Puerto Rico.

- Romero, E. 2002. Análisis de problemas fitosanitarios presentes en viveros y plantaciones forestales de la CAR (Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y de los Valles de Ubaté y Chiquinquirá). Ed. La Fuente, Bogotá, Colombia.
- Rosado, L. & Arias, C. 2006. Estudio preliminar de los escarabajos coprófagos de la Serranía de Los Yariquíes. En: Huertas, B.C. & Donegan, T.M. (Eds.). 2006. Proyecto YARÉ: Investigación y Evaluación de las Especies Amenazadas de la Serranía de Los Yariquíes, Santander, Colombia. BP Conservation Programme. Informe Final. Colombian EBA Project Report Series 7. 164p. www.proaves.org.
- Sánchez, F. & Alvear, M. 2003. Comentarios sobre el uso de hábitat, dieta y conocimiento popular de los mamíferos en un bosque andino de Caldas, Colombia. Boletín Científico Centro de Museos, Museo de Historia Natural Universidad de Caldas, 7: 121-144.
- Sánchez, F., Sánchez-Palomino, P. & Cadena, P. 2004. Inventario de mamíferos en un bosque de los Andes centrales de Colombia, Caldasia. 26(1): 291-309.
- SER. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Shahabuddin. 2013. Contribution of Alpha and Beta diversity across Land-Use type to the regional diversity of Dung Beetles in Central Sulawesi. HAYATI Journal of Biosciences, 20(2): 72-79.
- Siles, G., Rey, P.J., Alcántara, J.M. & Ramírez, J.M. 2008. Assessing the long-term contribution of nurse plants to restoration of Mediterranean forests through Markovian models. Journal of Applied Ecology, 45: 1790-1798.
- Stiles, F.G. & L. Rosselli. 1998. Inventario de las aves de un bosque altoandino: comparación de dos métodos. Caldasia, 20: 29-43.
- Stiles, G., 2011. Avifauna encontrada en el sector Manchurrias del PNN Serranía de Los Yariquíes (Santander-Colombia). En: Calderón-Espinosa, M.L. Informe de la "Práctica docente en la vertiente occidental del PNN Serranía de Los Yariquíes, municipio del Carmen de Chucurí, vereda la bodega, sector Manchurrias", realizada entre el 13 y el 24 de marzo del 2011. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 77 p.
- Tobar-L., D., Rangel-Ch., J. & Andrade-C., M. 2002. Diversidad de mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) en la parte alta de la cuenca del río El Roble (Quindío-Colombia). Caldasia, 24(2): 393-409.
- Valencia-Aguilar, A., Cortés-Gómez, A.M. & Ruiz-Agudelo, C.A. 2013. Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management, 9(3): 2-16. <http://dx.doi.org/10.1080/21513732.2013.821168>
- Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S. & Gómez, P. 2012. Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá, Colombia. 136 p.
- Villanueva, D. 2006. Estudio de los mamíferos de la Serranía de Los Yariquíes y su Conservación. En: Huertas, B.C. & Donegan, T.M. (Eds.). 2006. Proyecto YARÉ: Investigación y evaluación de las especies amenazadas

de la Serranía de Los Yariquíes, Santander, Colombia. BP Conservation Programme. Informe Final. Colombian EBA Project Report Series 7: 164pp. www.proaves.org.

- Vitt, L.J., Sartorius, S.S., Ávila-Pires, T.C.S., Zani, P.A. & Espósito, M.C. 2005. Small in a big world: ecology of leaf-litter geckos in new world tropical forests. *Herpetological Monographs*, 19: 137-152.
- Wagner, D., Jones, J.B. & Gordon, D.M. 2004. Development of harvester ant colonies alters soil chemistry. *Soil biology & biochemistry*, 36: 797-804.
- Ward, P.S. 2007. Phylogeny, classification, and species-level taxonomy of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa*, 1668(1): 549-563.
- Whiles, M.R., Hall, R.O., Dodds, W.K., Verburg, P., Huryn, A.D., Pringle, C.M., Lips, K.R., Kilham, S.S., Colon-Gaud, C., Rugenski, A.T., Peterson, S. & Connelly, S. 2013. Disease-driven amphibian declines alter ecosystem processes in a tropical stream. *Ecosystems*, 16: 146-157.
- Zamora, C.O. & Montagnini, F. 2007. Seed rain and seed dispersal agents in pure and mixed plantations of native trees and abandoned pastures at La Selva Biological Station, Costa Rica. *Restoration Ecology*, 15: 453-461.



