

# Sucesión vegetal en áreas de minería a cielo abierto en el bosque pluvial tropical del departamento del Chocó, Colombia

## Open sky mining and plant succession in a tropical pluvial forest in Chocó, Colombia

© Giovanni Ramirez<sup>1</sup>, © J. Orlando Rangel-Ch.<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico “John von Neumann”;  
Doctorado en Biología, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia

### Resumen

Se caracterizaron las comunidades vegetales (composición florística y estructura) en tres sectores de minas abandonadas hace 30, 15 y 5 años, ubicadas en el corregimiento de Jigualito, municipio de Condoto, departamento del Chocó, Colombia. En cada área se establecieron cinco parcelas de 500 m<sup>2</sup> de superficie, en las cuales se registraron y midieron los individuos de todos los estratos definidos según la altura. Se constató que la riqueza aumenta y los valores de las abundancias disminuyen en la medida en que se incrementa el tiempo de recuperación, lo cual favorece el aumento de la diversidad y la aparición de una estructura más compleja que pasa de tres estratos en los cinco primeros años a cinco estratos claramente definidos después de 30 años de regeneración natural del bosque. Los resultados se contrastaron con los de un bosque testigo, y se observó que después de 30 años, la comunidad vegetal se encuentra aproximadamente en un 50 % de sus condiciones iniciales en cuanto a la composición florística y el arreglo de la estructura y la arquitectura. Sin embargo, esta nueva comunidad es completamente diferente a la del bosque testigo, lo cual es evidencia de que la actividad minera ocasiona una serie de alteraciones y transformaciones que hacen bastante improbable que se retorne a la condición inicial del bosque pluvial.

**Palabras clave:** sucesión vegetal; bosque pluvial tropical; minería a cielo abierto; riqueza; ecología.

### Abstract

We characterized the plant communities in three mining sites abandoned 30, 15, and 5 years ago, all of them located in the village of Jigualito, municipality of Condoto, department of Chocó (Colombia). We established five plots of 500 m<sup>2</sup> in each of these areas where we recorded and measured the individuals in all the strata defined according to their height. We observed how the richness has increased and the abundance has decreased as the time of recovery augmented and how a more complex structure has appeared to include three strata in the first five years to five clearly defined strata after 30 years of natural forest regeneration. We contrasted this floristic composition and the forest structure and architecture with those of a control forest. After 30 years, the plant community had reached approximately 50 % of its initial conditions as regards the floristic composition, however, the arrangement of the structure and the architecture is completely different from that of the control forest. These results evidenced that open sky mining activities cause a series of alterations and transformations that make the recovery of the initial configuration of humid forests very unlikely.

**Keywords:** Plant succession; tropical rain forest; open sky mining; richness; ecology.

### Introducción

La actividad minera mecanizada en la región chocoana del Pacífico desde 1950 ha afectado drásticamente sus ambientes y ecosistemas, especialmente en la región del distrito minero del San Juan, modificando la estructura hídrica e hidrológica de la zona y alterando sus ecosistemas (Leal, 2009). Como consecuencia de la intervención se degradaron numerosas áreas naturales en las que, después de muchas décadas de abandono de la explotación, todavía

se nota el impacto, ya que la complejidad, el vigor y la diversidad características de esta selva húmeda ya no son evidentes. Actualmente, las áreas remanentes no tienen conectores biofísicos que permitan su articulación con

#### \*Correspondencia:

J. Orlando Rangel-Ch; [jorangelc@unal.edu.co](mailto:jorangelc@unal.edu.co)

Recibido: 16 de mayo de 2019

Aceptado: 12 de agosto de 2019

Editor: Elizabeth Castañeda

bloques originales de selva, por lo cual no se ha logrado la integración de los grupos biológicos ni el desarrollo de las funciones ecológicas básicas.

La tecnología que hoy se emplea en la minería de oro y platino a cielo abierto cambió sus prácticas extractivas, lo que ha multiplicado el impacto, y más preocupante, incluso, es que se ha abierto el acceso a lugares que habían estado resguardados por la dificultad para llegar a ellos. En la zona de estudio del presente trabajo, las acciones adelantadas en torno a la problemática minera se han concentrado en los diagnósticos, la aplicación de metodologías de calificación del impacto ambiental y los ensayos de reforestación con especies foráneas. En este contexto, **Ayala, et al.** (2008) evaluaron la adaptabilidad de la acacia (*Acacia mangium*) y la bija (*Bixa orellana*) en áreas degradadas por la actividad minera aluvial en Condoto (Chocó biogeográfico). **Vargas, et al.** (2009) presentaron un diagnóstico ambiental de áreas degradadas por la minería de oro y platino en el municipio de Atrato, investigación que incluyó un diseño de alternativas de recuperación de las áreas degradadas mediante el establecimiento de plantaciones de *A. mangium* (exótica), *B. orellana* y *Ochroma pyramidale*. Sin embargo, persisten vacíos considerables de información en torno a los impactos reales en la estructura y la composición de los ecosistemas (esqueleto vegetal), a los aspectos importantes de sus funciones ecológicas, la afectación del sustrato y la caracterización de los efectos de la intervención en el espacio y en el tiempo. Si continúa la incorporación de nuevos territorios a la actividad minera a gran escala, los efectos perturbadores sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos aumentarán.

La caracterización de la riqueza y de la diversidad vegetal, así como de aspectos de la estructura (densidad, dominancia), han sido básicos para entender el patrón de sucesión ecológica natural en la región tropical del Caribe colombiano (**Berdugo-L., 2008; Berdugo-L., et al., 2012**). Dado que la minería mecanizada a gran escala causa transformaciones muy serias tanto en el componente biótico como en el medio físico, en el presente estudio se planteó como objetivo principal documentar los cambios en la comunidad vegetal en diferentes fases de recuperación. Se utilizaron como referencias la caracterización de aspectos básicos de la estructura y la composición florística, con la finalidad de responder a la siguiente pregunta: ¿la cuantificación de las variaciones en los patrones de riqueza y diversidad (composición florística, aspectos de la estructura) en áreas sometidas a explotación minera a cielo abierto en diferentes fases de recuperación puede proporcionar información apropiada para respaldar decisiones gubernamentales en torno a la minería a cielo abierto?

## Metodología

**Área de estudio.** El municipio de Condoto se localiza al suroriente del departamento del Chocó y su extensión es de 46.690,67 hectáreas. El corregimiento de Jigualito se ubica

en el costado occidental del municipio de Condoto, en la subcuenca del río Opogodó, dentro de la jurisdicción del consejo comunitario mayor de Condoto, y a él se accede por una ruta carretable a partir de una desviación en el costado occidental de la vía que de Condoto conduce a Nóvita; allí se extrae oro, platino y plata (Figura 1).

La precipitación anual en la estación del Aeropuerto de Condoto es de 6.803 mm, con una media mensual de 567 mm; en Opogodó es de 7.260 mm al año y la media es de 605 mm; la temperatura media mensual es de 25,6 °C con una media máxima de 32,6 °C y una media mínima de 20,9 °C (**Rangel & Arellano, 2004**).

En la zona de estudio aún hay áreas con una densa cobertura vegetal donde no ha habido intervención antrópica y se encuentran árboles con alturas entre 30 y 45 m. Entre las especies con amplio uso figuran *Brosimum utile* (Kunth) Oken, *Huberodendron patinoi* Cuatrec., *Camposperma panamense* Standl., *Oenocarpus minor* Mart., *Carapa guianensis* Aubl., *Cespedesia spathulata* (Ruiz & Pav.) Planch., *Vismia macrophylla* Kunth., *Humiriastrum procerum* (Little) Cuatrec., así como numerosas especies de palmas, entre las que destacan *Euterpe precatória* Mart., *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav, *Wettinia quinaria* (O.F.Cook & Doyle) Burret, *Welfia regia* H.Wendl., *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl., *Oenocarpus bataua* Mart. y *Mauritiella macroclada* (Burret) Burret, esta última, endémica del Choco biogeográfico.

Se seleccionaron los siguientes sitios de “recuperación” que habían sido intervenidos con minería a cielo abierto: un área de bosque con más de 30 años de sucesión y recuperación; un área con 15 años de recuperación que se encuentra rodeada por pozos de agua producto de la actividad minera, y un área con cinco años de sucesión rodeada por cuerpos de agua, así como un bosque testigo sin evidencias de actividad minera (Figura 2). Se delimitaron 20 parcelas de 5 x 20 m para un total de 2.000 m<sup>2</sup> (0,2 ha) (5 parcelas de 500 m<sup>2</sup>, es decir, 0,05 ha) por área. En cada una de las parcelas se registró y midió la vegetación, tomando todos los estratos definidos según la altura alcanzada por los individuos (**Rangel & Lozano, 1986**), así: arbóreo superior (As), > 25 m; arbóreo inferior (Ai), 25 – 12 m; subarbóreo (Ar), 12 - 5 m; arbustivo (Arb), 5 – 1,5 m; herbáceo (H), 1,5 – 0,25 m; rasante (R), <0,25 m. Se hicieron recolecciones completas de toda la vegetación en las parcelas y otras adicionales en los sectores aledaños.

El material recolectado fue secado, prensado y etiquetado, y las muestras se identificaron con la ayuda de claves taxonómicas especializadas (**Gentry, 1993**). Asimismo, se consultaron herbarios virtuales como el del *New York Botanical Garden* (NY) y el *Neotropical Herbarium Specimens* (<https://plantidtools.fieldmuseum.org/en/rrc>). Además, se contó con la colaboración de los botánicos especialistas del Herbario CHOCÓ y el Herbario Nacional Colombiano (COL), lugares donde fueron depositados los exsiccata.

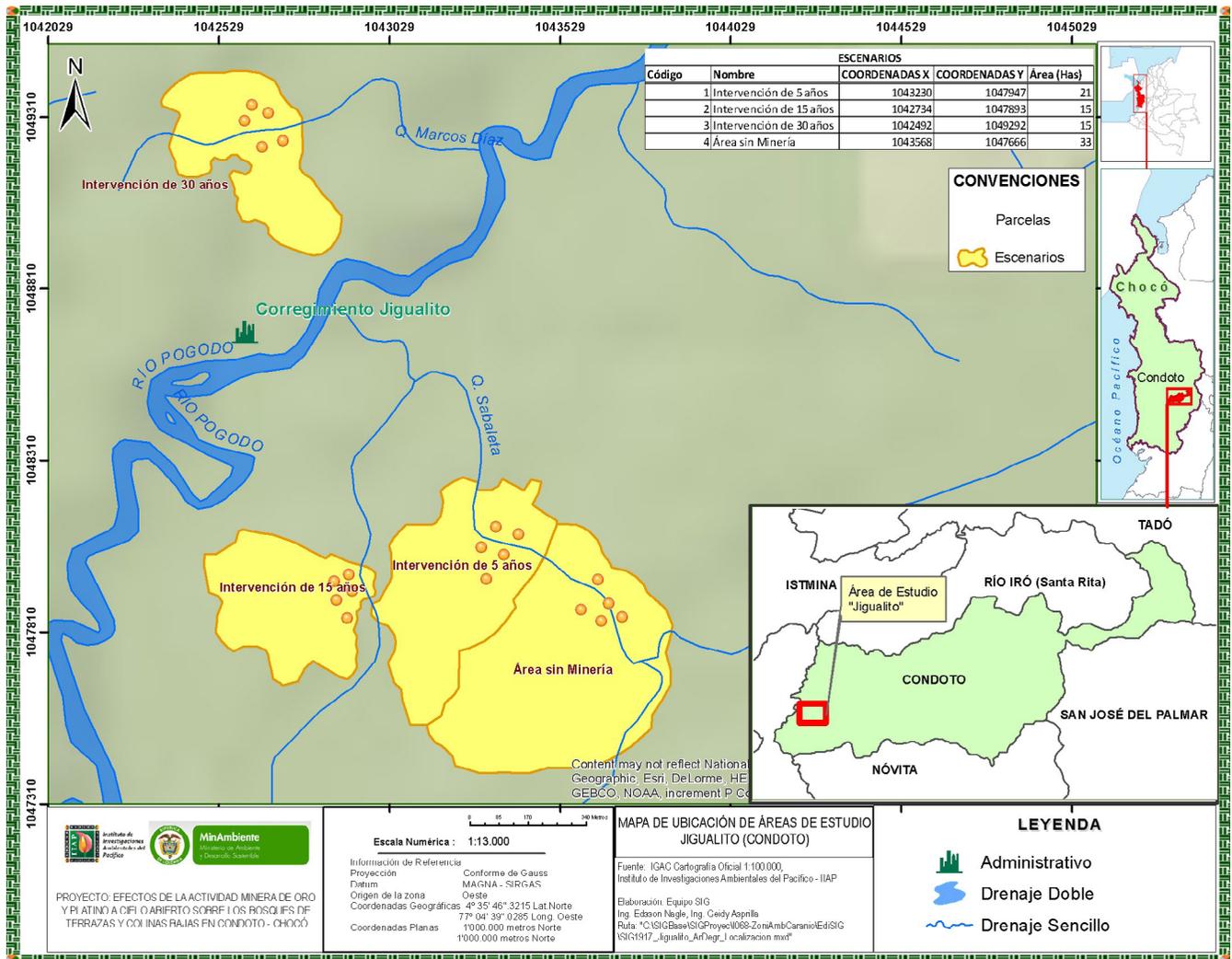


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo

Las tablas de composición florística se elaboraron con base en la abundancia relativa (Ab%), que es el número de individuos de una especie dividido por el número total de individuos de las diferentes especies multiplicado por 100; la frecuencia (fr%), es decir, el número de parcelas en la que está presente una especie dividido por el número total de parcelas, y el índice de dominancia de las especies por estrato, que es la suma de la abundancia relativa y la frecuencia relativa.

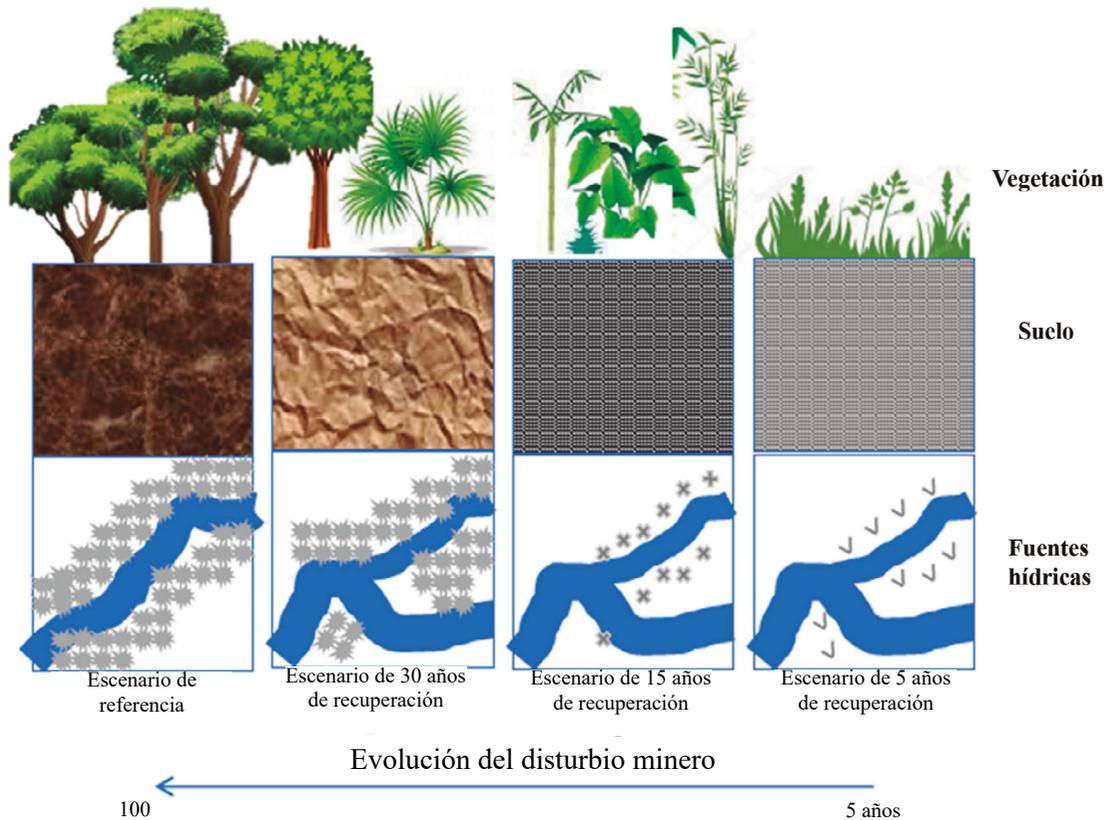
## Resultados

### Las comunidades vegetales

**Bosque testigo.** Palmar mixto de *Pholidostachys dactyloides* y *Tapirira guianensis* (Tabla 1).

**Fisionomía y composición:** se diferenció un estrato arbóreo inferior donde aparecen en más de una parcela *Hieronyma oblonga*, *Swartzia* cf. *amplifolia*, *Apeiba membranacea* y *Eschweilera sclerophylla*. Otras especies asociadas son *Matisia castano* y *Dussia* cf. *lehmannii*;

se encontraron esporádicamente 12 especies entre las cuales figuran *Vochysia ferruginea*, *Sorocea* cf. *affinis*, *Phragmotheca mammosa*. El estrato dominante es el sub-arbóreo, en el cual, además de las dos especies características, figuran como dominantes *Anaxagorea allenii*, *Aiphanes* cf. *bekarii*, *S. exorrhiza*, *Garcinia madruno*, *Symphonia globulifera*, *Guatteria amplifolia* y *O. minor*. Se registraron otras 14 especies poco frecuentes, entre las cuales figuran *Pholidostachys pulchra*, *W. quinaria*, *Grias haughtii*, *W. regia*, *Perebea xanthochyma*, *Poulsenia armata* y *Vismia baccifera*. En el estrato arbustivo las especies más frecuentes son *Anaxagorea allenii* y *Geonoma caliptrognoide*. Se registraron otras 27 especies de poca frecuencia entre las cuales figuran *Croton chocoanus*, *Bactris hondurensis*, *Pentaclethra maculosa* y *Carpotroche longifolia*. En el estrato herbáceo, muy disminuido en vigor (densidad y cobertura), dominan *Cyclanthus bipartitus* y *Faramea calophylla*. Se registraron otras 24 especies poco frecuentes entre las cuales figuran *H. patinoi*, *Ischnosiphon inflatus*



**Figura 2.** Sitios de muestreo: fases de recuperación de áreas afectadas por la minería

y *Palicourea tenerior*. En el estrato rasante se registraron *Schnella guianensis*, *Paullinia alata* y *Triolena cf. spicata*. El número de especies por parcela, sin incluir las epífitas, varió entre 46 (P1) y 20 (P3).

**Área minera con >30 años de recuperación.** Palmar mixto de *Welfia regia* y *Cespedesia spathulata* (Tabla 2).

Fisionomía-composición: palmar ralo con un estrato arbóreo inferior disminuido en el cual dominan *Cecropia peltata*, *V. baccifera* y *Cosmibuena macrocarpa*. Como acompañante aparece *O. pyramidale*. En el estrato subarbóreo (de arbolitos) domina *C. spathulata* y aparece asociada *P. xanthochyma*. Otras especies que aparecen esporádicamente son *Inga chocoensis*, *Ocotea cernua* y *Pourouma bicolor*. En el estrato arbustivo dominan *W. regia*, *Miconia cooperi* y *G. haughtii*. Esporádicamente aparecen *Miconia conomacrantha* y *Palicourea pseudoaxillaris*. En el estrato herbáceo dominan *Trichilia poeppigii*, *Glossoloma panamense*, *Miconia reducens* y *Columnea picta*. Se registraron esporádicamente otras 15 especies, entre las cuales figuran *S. exorrhiza*, *Anthurium formosum* y *M. macroclada*. En el estrato rasante, muy pobre, se registraron esporádicamente *Columnea consanguinea*, *P. calmelanos* y *Bellucia pentamera*. El número de especies por parcela, sin incluir las epífitas, varió entre 23 (P2) y 15(P1), lo cual podría considerarse como un patrón de riqueza similar en todas las parcelas.

**Área minera con 15 años de recuperación.** Matorral de *Miconia sericea* y *Cespedesia spathulata* (Tabla 3).

Fisionomía y composición: matorral alto con un estrato arbustivo dominado por *C. spathulata*, *M. sericea*, *C. chocoanus*, *Piptocoma discolor* y *P. pseudoaxillaris*. Hay otras 15 especies frecuentes entre las cuales figuran *Miconia crenata*, *Miconia granatensis* e *Isertia pittieri*. En el estrato herbáceo dominan *Scleria mitis*, *Andropogon bicornis*, *Ischaemum latifolium* y *Pityrogramma calomelanos*. Hay otras diez especies acompañantes entre las cuales figuran *Palhinhaea cernua*, *Spermacoce latifolia* y *Nepsera aquatica*. En el estrato rasante domina ampliamente *Tonina fluviatilis* y en dos parcelas se encontró *Epidendrum nocturnum*. El número de especies por parcela varió entre 25 (P1 y P3) y 17 (P5).

**Área minera con 5 años de recuperación.** Matorral pastizal de *Miconia crenata* y *Andropogon bicornis* (Tabla 4).

Fisionomía y composición: en el estrato arbustivo dominan *M. crenata* y *C. peltata*. Se encontraron otras 12 especies entre las cuales figuran *C. chocoanus*, *V. baccifera*, *P. discolor*, *B. pentamera*, *I. pittieri* y *C. spathulata*. En el estrato herbáceo dominante en densidad son características *A. bicornis*, *P. calomelanos*, *S. latifolia*, *P. cernua* y *S. mitis*. En el estrato rasante son frecuentes *Mimosa pudica* y *Cyperus luzulae*. El número de especies por parcela varió entre 19 (P5) y 11 (P1).

**Tabla 1.** Composición florística y parámetros estructurales del palmar mixto de *Pholidostachys dactyloides* y *Tapirira guianensis*, escenario testigo.

Parcelas de muestreo - Parámetros	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	Ab%	Fr%	I. Domi
	Número de individuos							
<b>Estrato arbóreo inferior</b>								
<i>Hieronyma cf. oblonga</i>	1	1				7,14	40	47,1
<i>Swartzia cf. amplifolia</i>	1		1			7,14	40	47,1
<i>Apeiba membranacea</i>	1				1	7,14	40	47,1
<i>Dussia cf. lehmannii</i>				1	1	7,14	40	47,1
<i>Eschweilera sclerophylla</i>		1			1	7,14	40	47,1
<i>Matisia castano</i>			1	1		7,14	40	47,1
<i>Protium sp.</i>			3			10,70	20	30,7
<i>Vatairea sp.</i>	2					7,14	20	27,1
<i>Phragmotheca mammosa</i>	2					7,14	20	27,1
<i>Vochysia ferruginea</i>	1					3,57	20	23,6
<i>Sterculia sp.</i>					1	3,57	20	23,6
Rubiaceae Indet. 1		1				3,57	20	23,6
Rubiaceae Indet. 2				1		3,57	20	23,6
<i>Dialyanthera sp.</i>	1					3,57	20	23,6
<i>Otoba lehmannii</i>					1	3,57	20	23,6
<i>Virola sp.</i>			1			3,57	20	23,6
<i>Eugenia sp.</i>	1					3,57	20	23,6
<i>Sorocea cf. affinis</i>					1	3,57	20	23,6
Total por estrato								580,0
<b>Estrato subarbóreo (de arbolitos)</b>								
<i>Tapirira cf. guianensis</i>	5	5	8	16	10	24,80	100	125,0
<i>Pholidostachys dactyloides</i>	1	1	1	1	1	2,82	100	103,0
<i>Anaxagorea allenii</i>	13	10	1	1		14,10	80	94,1
<i>Socratea exorrhiza</i>			4	2	1	3,95	60	64,0
<i>Aiphanes cf. bekarii</i>	2	2	2			3,39	60	63,4
<i>Guatteria amplifolia</i>				20	20	22,60	40	62,6
<i>Garcinia madruno</i>		1		1	1	1,69	60	61,7
<i>Symphonia globulifera</i>	1	1		1		1,69	60	61,7
<i>Wettinia quinaria</i>	4	3				3,95	40	44,0
<i>Oenocarpus minor</i>	3			2		2,82	40	42,8
<i>Pholidostachys pulchra</i>		1			3	2,26	40	42,3
<i>Sloanea cf. grandiflora</i>	1		1			1,13	40	41,1
<i>Thibaudia sp.</i>	1				1	1,13	40	41,1
<i>Miconia affinis</i>		1		1		1,13	40	41,1
<i>Grias haughtii</i>			1		1	1,13	40	41,1
<i>Ocotea sp.</i>				1	1	1,13	40	41,1
<i>Welfia regia</i>					6	3,39	20	23,4
<i>Licania sp.</i>		3				1,69	20	21,7
<i>Vismia baccifera</i>					3	1,69	20	21,7
<i>Inga sp.1</i>				2		1,13	20	21,1
<i>Andira inermis</i>					2	1,13	20	21,1
<i>Perebea xanthochyma</i>				1		0,56	20	20,6
<i>Poulsenia armata</i>	1					0,56	20	20,6
Total por estrato								1120,0

Parcelas de muestreo - Parámetros	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	Ab%	Fr%	I. Domi
	Número de individuos							
<b>Estrato arbustivo</b>								
<i>Geonoma caliptrognoidea</i>	1		3	2	3	9,88	80	89,9
<i>Attalea alleni</i>	1	1		1	2	6,17	80	86,2
<i>Asterogyne martiana</i>	3				3	7,41	40	47,4
<i>Croton chocoanus</i>				1	1	2,47	40	42,5
<i>Pentaclethra maculosa</i>				1	1	2,47	40	42,5
<i>Carpotroche longifolia</i>	1				1	2,47	40	42,5
<i>Alchornea</i> sp.		1	1			2,47	40	42,5
<i>Lacmellea speciosa</i>				16		19,7	20	39,8
<i>Geonoma cuneata</i>		5				6,17	20	26,2
<i>Bactris hondurensis</i>	4					4,94	20	24,9
<i>Jacaranda</i> sp.	3					3,70	20	23,7
<i>Dacryodes</i> cf. <i>occidentalis</i>	3					3,70	20	23,7
<i>Tovomitia</i> sp.		3				3,70	20	23,7
<i>Clusia</i> sp.	3					3,70	20	23,7
<i>Gustavia superba</i>	2					2,47	20	22,5
<i>Costus</i> sp.1					2	2,47	20	22,5
<i>Costus</i> sp.2		2				2,47	20	22,5
<b><i>Bellucia pentamera</i></b>	2					2,47	20	22,5
<i>Tessmannianthus calcaratus</i>			2			2,47	20	22,5
<i>Palicourea caerulea</i>	2					2,47	20	22,5
<i>Pourouma bicolor</i>					1	1,23	20	21,2
<i>Cecropia peltata</i>				1		1,23	20	21,2
<i>Inga punctata</i>					1	1,23	20	21,2
<i>Helycostylis towarensis</i>			1			1,23	20	21,2
<i>Compsoeura</i> cf. <i>atopa</i>		1				1,23	20	21,2
Total por estrato								880,0
<b>Estrato herbáceo</b>								
<i>Cyclanthus bipartitus</i>		2	1	3		15,00	60	75,0
<i>Inga</i> sp.2	1		1			5,00	40	45,0
<i>Huberodendron patinoi</i>			1	1		5,00	40	45,0
<i>Mimosa</i> sp.	1				1	5,00	40	45,0
<i>Ischnosiphon inflatus</i>		1			1	5,00	40	45,0
<i>Faramea calophylla</i>	1				1	5,00	40	45,0
<i>Miconia</i> sp.3			2			5,00	20	25,0
<i>Miconia</i> sp.1				2		5,00	20	25,0
<i>Miconia</i> sp.2		2				5,00	20	25,0
<i>Glossoloma panamense</i>	2					5,00	20	25,0
<i>Coussarea</i> cf. <i>latifolia</i>			1			2,50	20	22,5
<i>Palicourea pseudoaxillaris</i>	1					2,50	20	22,5
<i>Palicourea tomentosa</i>	1					2,50	20	22,5
<i>Palicourea tenerior</i>	1					2,50	20	22,5
<i>Pityrogramma calomelanos</i>	1					2,50	20	22,5
<i>Amphidasya ambigua</i>		1				2,50	20	22,5
<i>Piper confertinodum</i>		1				2,50	20	22,5
<i>Miconia nervosa</i>	1					2,50	20	22,5
<i>Miconia reducens</i>	1					2,50	20	22,5
<i>Ossaea bracteata</i>		1				2,50	20	22,5

Parcelas de muestreo - Parámetros	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	Ab%	Fr%	I. Domi
Número de individuos								
<i>Cespedesia spathulata</i>	1					2,5	20	22,5
<i>Guarea cf. caulobotryis</i>	1					2,5	20	22,5
<i>Trichilia poeppigii</i>					1	2,5	20	22,5
<i>Inga alta</i>	1					2,5	20	22,5
<i>Inga acreata</i>	1					2,5	20	22,5
<i>Inga acrocephala</i>		1				2,5	20	22,5
Total por estrato								760,0
<b>Estrato rasante</b>								
<i>Doliocarpus cf. dentatus</i>		1			1	16,6	40	56,7
<i>Schnella guianensis</i>				1	1	16,6	40	56,7
<i>Psammisia sp.</i>					2	16,6	20	36,7
<i>Paullinia alata</i>					1	8,3	20	28,3
<i>Smilax sp.</i>	1					8,3	20	28,3
<i>Pilea sp.</i>	1					8,3	20	28,3
<i>Peperomia sp.</i>					1	8,3	20	28,3
<i>Piper sp.</i>		1				8,3	20	28,3
<i>Triolena cf. spicata</i>	1					8,3	20	28,3
Total por estrato								320,0
Número de especies por levantamiento	46	28	20	25	36			

P 1, P 2, P 3, P 4, P 5: parcelas de muestreo; Ab%: abundancia relativa; Fr%: frecuencia relativa; I. Domi: índice de dominancia

**Similaridad florística de las comunidades.** En el bosque testigo y en las áreas en recuperación se registraron 149 especies (sin incluir las epífitas). Las relaciones corológicas o patrones de distribución de las especies detectadas en el área de estudio, incluyeron las siguientes:

Amplia distribución: se encontraron siete especies que representan el 5 % de la riqueza: *B. pentamera*, *C. peltata*, *C. spathulata*, *P. calomelanos*, *P. bicolor*, *P. pseudoaxillaris* y *V. baccifera*.

Especies comunes en las fases de mayor tiempo de recuperación (bosque testigo y área de 30 años de recuperación): se encontraron 18 especies, es decir, un 12 %; entre ellas figuran *Adelobotrys adscendens*, *Anthurium alatum*, *C. consanguinea*, *Desmoncus cirrhiferus*, *G. haughtii*, *M. reducens*, *P. xanthochyma*, *Palicourea tomentosa*, *S. exorrhiza*, *T. poeppigii*, *W. regia* y *W. quinaria*.

Especies comunes en las fases de menos tiempo de recuperación (5 y 15 años): diez (10) especies, o sea, el 6,7 % de la riqueza total: *Chelonanthus alatus*, *M. crenata*, *I. latifolium*, *I. pittieri*, *M. granatensis*, *P. cernua*, *A. bicornis*, *C. luzulae*, *M. pudica* y *S. mitis*.

Especies comunes en las tres primeras etapas de recuperación y ausentes en el bosque testigo: cuatro especies que representan el 2,7 % de la riqueza total: *S. latifolia*, *C. macrocarpa*, *E. nocturnum* y *V. macrophylla*.

Especies comunes en las dos primeras etapas de recuperación y en el bosque testigo (ausentes en el área de 30 años de recuperación): tres especies (2 % del patrón de riqueza), *A. membranacea*, *C. chocoanus* y *P. discolor*.

**Riqueza y diversidad taxonómicas.** Se censaron 6.964 individuos distribuidos en las tres áreas mineras con diferentes edades de abandono y el bosque testigo distribuidos en 149 especies, 110 géneros y 45 familias. Al incluir en el inventario general a las epífitas (Anexo 1, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/896/2626>), se tendrían 187 especies.

Las familias con mayor riqueza fueron la Melastomataceae con 23 especies y 8 géneros, la Fabaceae con 16 especies y 9 géneros, la Arecaceae con 14 especies y 11 géneros, la Rubiaceae con 13 especies y 8 géneros y la Malvaceae con 6 géneros y 6 especies (Tabla 5). Las quince familias de mayor riqueza concentran el 68 % de las especies y el 63 % de los géneros. En las familias restantes se distribuye el 32 y el 37 % de la riqueza en especies y géneros, respectivamente.

**Variación de la riqueza según las fases de recuperación sin incluir las epífitas.** La riqueza se incrementa en la medida en que avanza la sucesión. El número de familias se incrementó de 16 en el área con 5 años de recuperación a 20 en las áreas de 15 y 30 años. Los géneros pasaron de 26 en 5 años a 30 en 15 y 30 años. El número de especies varió de 28 en 5 años, a 36 en 15 años y 40 en 30 años. Sin embargo, las cifras están bastante alejadas de la riqueza en el bosque testigo: 36 familias, 83 géneros y 101 especies.

Entre las familias más ricas presentes en todas las áreas (bosque testigo y áreas en recuperación) figuran la Melastomataceae, la Fabaceae, la Rubiaceae, la Hypericaceae, la Urticaceae y la Malvaceae. Las familias representadas en las fases iniciales incluyen la Poaceae y la Cyperaceae, en tanto

**Tabla 2.** Palmar mixto de *Welfia regia* y *Cespedesia spathulata*, escenario de 30 años

Parcelas de muestreo - Parámetros	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	Ab%	Fr%	I. Domi
	Número de individuos							
<b>Estrato arbóreo inferior</b>								
<i>Cecropia peltata</i>	7		1	3		42,30	60	102,31
<i>Vismia baccifera</i>	2	2			3	26,90	60	86,92
<i>Cosmibuena macrocarpa</i>	2		4		1	26,90	60	86,92
<i>Ochroma pyramidalis</i>				1		3,85	20	23,85
Total por estrato	11	2	5	4	4			300,00
<b>Estrato subarbóreo</b>								
<i>Cespedesia spathulata</i>	10	11	6	6	10	76,80	100	176,79
<i>Perebea xanthochyma</i>			5	1		10,70	40	50,71
<i>Inga chocoensis</i>	4					7,14	20	27,14
<i>Pourouma bicolor</i>					2	3,57	20	23,57
<i>Ocotea cernua</i>			1			1,79	20	21,79
Total por estrato								300,00
<b>Estrato arbustivo</b>								
<i>Welfia regia</i>	5	1	1	1	1	24,30	100	124,32
<i>Miconia cooperi</i>	3	2	1	2		21,60	80	101,62
<i>Grias haughtii</i>		1	1		4	16,20	60	76,22
<i>Miconia conomacrantha</i>	2	2				10,80	40	50,81
<i>Palicourea pseudoaxillaris</i>				10		27,00	20	47,03
Total por estrato	14	11	12	7	12			400,00
<b>Estrato herbáceo</b>								
<i>Trichilia poeppigii</i>		1	2	15	24	20,20	80	100,19
<i>Glossoloma panamense</i>	1	2	2		1	2,88	80	82,88
<i>Miconia reducens</i>	1	1		1	1	1,92	80	81,92
<i>Miconia sp.</i>	1	1		1	1	1,92	80	81,92
<i>Columnea picta</i>		5		3	16	11,50	60	71,54
<i>Socratea exorrhiza</i>		9		8	3	9,62	60	69,62
<i>Anthurium formosum</i>				45	5	24,00	40	64,04
<i>Wettinia quinaria</i>		1	1		1	1,44	60	61,44
<i>Palicourea tomentosa</i>		2		26		13,50	40	53,46
<i>Oenocarpus bataua</i>		3			2	2,40	40	42,40
<i>Vismia macrophylla</i>				1	1	0,96	40	40,96
<i>Miconia sp.2</i>			1	1		0,96	40	40,96
<i>Miconia sp.1</i>	4					1,92	20	21,92
<i>Piper sp.1</i>	3					1,44	20	21,44
<i>Mauritiella macroclada</i>		2				0,96	20	20,96
<i>Rhynchospora sp.</i>		2				0,96	20	20,96
<i>Alchornea sp.</i>		1				0,48	20	20,48
<i>Maquira guianensis</i>			1			0,48	20	20,48
<i>Palicourea sp.</i>		1				0,48	20	20,48
Total por estrato	14	31	7	101	55			960,00
<b>Estrato rasante</b>								
<i>Pityrogramma calomelanos</i>	2	1	2	1		24,00	80	104,00
<i>Dichaea sp.</i>	11					44,00	20	64,00
<i>Miconia sp.3</i>	3					12,00	20	32,00
<i>Columnea consanguinea</i>		2				8,00	20	28,00
<i>Vernonia baccharoides</i>		1				4,00	20	24,00
<i>Bellucia pentamera</i>					1	4,00	20	24,00
<i>Spermacoce latifolia</i>		1				4,00	20	24,00
Total por estrato	16	5	2	1	1			300,00
Número de especies por levantamiento	17	23	15	18	18			

P 1, P 2, P 3, P 4, P 5: parcelas de muestreo; Ab%: abundancia relativa; Fr%: frecuencia relativa; I. Domi: índice de dominancia

**Tabla 3.** Matorral de *Miconia sericea* y *Cespedesia spathulata*, escenario de 15 años

Parcelas de muestreo - Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5	Ab%	Fr%	I. Domi
	Número de individuos							
<b>Estrato arbustivo</b>								
<i>Miconia sericea</i>	45	23	16	46	20	43,60	100	143,60
<i>Cespedesia spathulata</i>	5	18	2	4	19	31,60	100	131,58
<i>Alsophila</i> sp.	12	6	9	6	12	13,10	100	113,08
<i>Piptocoma discolor</i>	2	4	3	4	2	9,87	100	109,87
<i>Croton chocoanus</i>	1	2	5	5	2	9,87	100	109,87
<i>Palicourea pseudoaxillaris</i>	1	2	1	2	2	2,33	100	102,33
<i>Isertia pittieri</i>	1	8	5		6	13,20	80	93,16
<i>Miconia crenata</i>	15	1	16	5		10,80	80	90,76
<i>Miconia granatensis</i>		2	5	5	7	5,52	80	85,52
<i>Bellucia pentamera</i>	1		4	1	1	4,61	80	84,61
<i>Vernonia arborescens</i>	67	3	11			23,60	60	83,55
<i>Cosmibuena macrocarpa</i>		9	4		5	11,80	60	71,84
<i>Topobea parasitica</i>	1		2	1		1,16	60	61,16
<i>Vismia macrophylla</i>	2	13				9,87	40	49,87
<i>Vismia baccifera</i>			8			5,26	20	25,26
<i>Miconia</i> sp.		2				1,32	20	21,32
<i>Parkia pendula</i>			1			0,66	20	20,66
<i>Apeiba membranacea</i>	1					0,66	20	20,66
<i>Cecropia peltata</i>			1			0,66	20	20,66
<i>Pourouma bicolor</i>	1					0,66	20	20,66
Total por estrato	155	93	93	79	76	200,00	1260	1460,00
<b>Estrato herbáceo</b>								
<i>Scleria mitis</i>	180	97	60	23	63	25,60	100	125,56
<i>Pityrogramma calomelanos</i>	10	91	146	79	53	22,90	100	122,90
<i>Ischaemum latifolium</i>	4	59	36	75	60	14,10	100	114,14
<i>Andropogon bicornis</i>	6	26	67	62	45	12,50	100	112,45
<i>Palhinhaea cernua</i>	53	70		62	56	14,60	80	94,56
<i>Nepsera aquatica</i>	5	4	3		3	0,91	80	80,91
<i>Spermacoce latifolia</i>	14	34		82		7,85	60	67,85
<i>Anthurium</i> sp.	6		5			0,66	40	40,66
<i>Cyclanthus bipartitus</i>			5			0,30	20	20,30
<i>Mimosa pudica</i>					4	0,24	20	20,24
<i>Columnnea picta</i>	3					0,18	20	20,18
<i>Cyperus luzulae</i>			2			0,12	20	20,12
<i>Philodendron</i> sp.	1					0,06	20	20,06
<i>Chelonanthus alatus</i>				1		0,06	20	20,06
Total por estrato	282	381	324	384	284			880,00
<b>Estrato rasante</b>								
<i>Tonina fluviatilis</i>	169	39		37		96,50	80	176,46
<i>Epidendrum nocturnum</i>		8	1			3,54	40	43,54
Total por estrato	169	47	1	37	0			220,00
Número de especies por levantamiento	25	22	25	18	17			

P 1, P 2, P 3, P 4, P 5: parcelas de muestreo; Ab%: abundancia relativa; Fr%: frecuencia relativa; I. Domi: índice de dominancia

que solamente en la fase de 30 años y en el bosque testigo están representadas la *Arecaceae* y la *Moraceae*, familias con individuos leñosos presentes en los estratos arbóreos de los diferentes tipos de bosque en áreas naturales del Chocó (Rangel, 2004).

*Bosque testigo.* Las familias más ricas en géneros y especies son la *Melastomataceae* (5 géneros y 10 especies), la *Arecaceae* (10/12), la *Fabaceae* (8/13), la *Rubiaceae* (5/9), y la *Clusiaceae* y la *Myristicaceae* (4/4). Los géneros con

mayor número de especies fueron *Inga* (6), *Miconia* (6) y *Palicourea* (4). Si se incluyen en el inventario general las epífitas (Anexo 1, <https://www.racefyn.co/index.php/racefyn/article/view/896/2626>), se tendrían 127 especies con figuración importante de la familia *Araceae* (2 géneros/9 especies) y del género *Anthurium* (8 especies).

*Área en recuperación de 30 años.* Las familias más ricas fueron *Arecaceae* (5 géneros y 5 especies), *Melastomataceae* (2 /8), *Rubiaceae* (3/5) y *Gesneriaceae* (2/3). Si se incluyen

**Tabla 4.** Matorral pastizal de *Miconia crenata* y *Andropogon bicornis*, escenario de 5 años

Parcelas de muestreo - Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5	Ab%	Fr%	I. Domin
	Número de individuos							
<b>Estrato arbustivo</b>								
<i>Miconia crenata</i>	2	9	8	6	1	16,30	100	116,25
<i>Croton chocoanus</i>	14			27	15	35,00	60	95,00
<i>Cecropia peltata</i>	4	1	3	4		7,50	80	87,50
<i>Isertia pittieri</i>		11	2	3		10,00	60	70,00
<i>Bellucia pentamera</i>		3	5		3	6,88	60	66,88
<i>Piptocoma discolor</i>			1	4	5	6,25	60	66,25
<i>Vismia baccifera</i>	1			3	3	4,38	60	64,38
<i>Miconia granatensis</i>		2	1		2	3,13	60	63,13
<i>Vismia macrophylla</i>				4	1	3,13	40	43,13
<i>Cespedesia spathulata</i>	1	2				1,88	40	41,88
<i>Cosmibuena macrocarpa</i>				2	1	1,88	40	41,88
<i>Pourouma bicolor</i>		1		2		1,88	40	41,88
<i>Ochroma pyramidalis</i>		1		1		1,25	40	41,25
<i>Apeiba membranacea</i>					1	0,63	20	20,63
Total por estrato	22	30	20	56	32			860,00
<b>Estrato herbáceo</b>								
<i>Andropogon bicornis</i>	951	302	141	28	80	46,20	100	146,19
<i>Pityrogramma calomelanos</i>	351	87	35	137	177	24,20	100	124,20
<i>Spermacoce latifolia</i>	53	52	45	118	104	11,40	100	111,44
<i>Palhinhaea cernua</i>	115	55	58		147	11,50	80	91,53
<i>Scleria mitis</i>			9	97	27	4,09	60	64,09
<i>Ischaemum latifolium</i>		27	4		5	1,11	60	61,11
<i>Emilia cf. sonchifolia</i>	20	21				1,26	40	41,26
<i>Palicourea pseudoaxillaris</i>					2	0,06	20	20,06
<i>Chelonanthus alatus</i>					2	0,06	20	20,06
<i>Philodendron sp.</i>					1	0,03	20	20,03
<i>Aciotis aequatorialis</i>		1				0,03	20	20,03
Total por estrato	1490	545	292	380	545			720,00
<b>Estrato rasante</b>								
<i>Mimosa pudica</i>		15	6	90	15	49,60	80	129,61
<i>Cyperus luzulae</i>	68	38	13			46,90	60	106,85
<i>Epidendrum nocturnum</i>		9				3,54	20	23,54
Total por estrato	68	62	19	90	15			260,00
Número de especies por levantamiento	11	18	14	15	19			

P 1, P 2, P 3, P 4, P 5: parcelas de muestreo; Ab%: abundancia relativa; Fr%: frecuencia relativa; I. Domi: índice de dominancia

en el inventario las epífitas (Anexo 1, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/896/2626>), se tendrían 52 especies.

**Área en recuperación de 15 años.** Las familias más ricas fueron la Melastomataceae (2 géneros y 7 especies), la Rubiaceae (3/4), la Asteraceae (2/5), la Urticaceae (2/2), en tanto que la Fabaceae, la Hypericaceae y la Cyperaceae registraron un género y una especie.

**Área en recuperación de 5 años.** Las familias más ricas fueron la Melastomataceae (3 géneros y 4 especies), la Rubiaceae (4/4), la Asteraceae, la Malvaceae, la Urticaceae, la Poaceae y la Cyperaceae (2/2).

Los géneros con mayor número de especies fueron *Inga* (7) y *Miconia revisar* (7). Hay 18 géneros representados por más de una especie, a saber: *Philodendron* (4), *Guzmania*, *Piper* y *Palicourea* (3), *Columnea*, *Dichaea*, *Geonoma*, *Mimosa*, *Monolena*, *Ocotea*, *Oenocarpus*, *Palicourea*, *Pholidostachys*, *Topobea*, *Vernonia* y *Vismia*, con dos especies cada uno. Los restantes 101 géneros están representados por una sola especie.

**Riqueza de epífitas.** Solamente en el bosque testigo y en el área de recuperación de 30 años se registraron epífitas (Anexo 1, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/896/2626>). En el bosque testigo hay 26 especies, principalmente de las familias Araceae, Melastomataceae, Bromeliaceae y Orchidaceae; es de destacar la riqueza del género *Anthurium* (8 especies), con los mayores valores en

el índice de dominancia exhibidos por *Anthurium redens* (88,76), *Anthurium chlotocarpon* (88,03), *Anthurium redolens* (86,57), *Anthurium alatum* (65,84) y *Anthurium baudoense* (65,84). El número de especies varió entre 15 (parcela 1) y 8 (parcela 4). En el área de 30 años se encontraron 12 especies y allí también la familia más rica es la Araceae. Las especies con mayor valor de dominancia son *A. alatum* (143,07) y *A. adscendens* (67,69). Entre las especies que se comparten en los dos escenarios aparecen *A. alatum*, *A. adscendens* y *D. cirrhiferus*.

**Aspectos de la estructura (densidad y número de individuos, estratificación).** En las fases iniciales con predominio de los estratos bajos (rasante y herbáceo), el número de individuos es mayor que en las fases más avanzadas (30 años y bosque testigo). En las dos fases iniciales (5 y 15 años), el mayor valor se encontró en el área más reciente (5 años), con mayor expresión en el estrato herbáceo. En las dos fases avanzadas el mayor valor se encontró en el bosque de 30 años (352 individuos), pero con un valor muy cercano en el bosque testigo (338 individuos).

Los estratos presentes en todas las fases son el rasante, el herbáceo y el arbustivo, con un mayor número de individuos en las fases iniciales. Los estratos de arbolitos (sub-arbóreo) y arbóreo inferior solamente estuvieron representados en el área de 30 años de recuperación y en el bosque testigo. En el Anexo 2, <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/896/2627>, aparecen las cifras sobre el

**Tabla 5.** Patrón de riqueza según familias y escenarios de estudio

Familia	Testigo		30 años		15 años		5 años		General	
	Género (83)	Especie (101)	Género (30)	Especies (40)	Género (30)	Especies (36)	Género (26)	Especies (28)	Género (110)	Especies (149)
Arecaceae	10	12	5	5	0	0	1	1	11	14
Melastomataceae	5	10	2	8	2	7	3	4	8	23
Fabaceae	8	13	1	1	1	2	1	1	9	16
Rubiaceae	5	9	3	5	3	4	4	4	8	13
Clusiaceae	4	4	0	0	0	0	0	0	4	4
Myristicaceae	4	4	0	0	0	0	0	0	4	4
Gesneriaceae	1	1	2	3	1	1	0	0	2	3
Moraceae	4	4	2	2	0	0	0	0	5	5
Poaceae	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2
Hypericaceae	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2
Urticaceae	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3
Asteraceae	0	0	0	0	2	5	2	2	3	4
Malvaceae	5	5	1	1	1	1	2	2	6	6
Cyperaceae	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3
<b>Suma de las 15 familias más ricas (%)</b>	49 (59)	65 (64)	20 (66)	30 (75)	15(50)	28 (78)	20 (77)	22 (79)	69 (63)	102 (68)
<b>Resto de familias (30) (%)</b>	34 (41)	36 (36)	10 (34)	10 (25)	15 (50)	8 (22)	6 (23)	6 (21)	41 (37)	47 (32)
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>101</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>36</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>110</b>	<b>149</b>
<b>Número de individuos</b>	<b>474</b>		<b>413</b>		<b>2405</b>		<b>3666</b>			

número de individuos según estratos en cada una de las fases de recuperación, el cual está directamente relacionado con la fase de recuperación.

**Índice de dominancia.** En la Tabla 6 aparecen las doce especies con los mayores valores en el índice de dominancia en las diferentes fases de la recuperación. En el bosque testigo los mayores valores se registraron en las especies del estrato subarbóreo o de arbolitos *Tapirira* cf. *guianensis*, *P. dactyloides* y *Anaxagorea allenii*. Aparecen dos especies del estrato arbustivo con valores importantes, *Attalea allenii* y *Geonoma* sp. y en el estrato herbáceo, *C. bipartitus*. Es bastante evidente la dominancia de *Doliodarpus* cf. *dentatus* en el estrato rasante. En el bosque de 30 años solamente aparece como especie dominante del estrato subarbóreo *C. spathulata*, y aunque predominan las especies del estrato herbáceo, se destaca la presencia dominante de *C. peltata*, *V. baccifera* y *C. macrocarpa* del estrato arbóreo inferior.

En el área en recuperación de 15 años las especies dominantes se ubican en el estrato arbustivo, con *M. sericea* y *C. spathulata*, y en el herbáceo, con *S. mitis*, *P. calomelanos* e *I. latifolium*, en tanto que en el estrato rasante aparece *T. fluviatilis*. En el área de recuperación de 5 años dominan las especies del estrato herbáceo, con *A. bicornis*, *P. calomelanos* y *S. latifolia*. Al igual que en la fase anterior, las especies del estrato rasante, como *M. pudica*, alcanzan altos valores de dominancia.

### Consideraciones finales

En los diferentes tiempos de recuperación de las perturbaciones causadas por la explotación minera, se caracterizaron

comunidades vegetales con composición florística y aspectos de la estructura claramente definidos. La comunidad vegetal en el área minera con 5 años de recuperación corresponde a un matorral pastizal de *M. crenata* y *A. bicornis*, el número de especies por parcela de inventario varió entre 19 y 11 y se diferenciaron tres estratos: herbáceo, rasante y arbustivo.

En el área minera con 15 años de recuperación se ha establecido un matorral dominado por *M. sericea* y *C. spathulata*, con un estrato arbustivo más rico en especies y en número de individuos que en la comunidad anterior. El número de especies por parcela varió entre 25 y 17, valores superiores a los de la fase inicial de 5 años, en tanto que el número de estratos es igual al de esta fase.

La comunidad vegetal que crece en el área minera con 30 años de recuperación corresponde a un palmar mixto de *W. regia* y *C. spathulata*, con presencia de un estrato arbóreo inferior pobre en especies y dominado por *C. peltata*, *V. baccifera* y *C. macrocarpa*. Se diferencia, asimismo, un estrato de arbolitos, o subarbóreo, en el cual dominan ampliamente *C. spathulata* y *P. xanthochyma*. La riqueza del estrato arbustivo es menor en comparación con la fase anterior y está dominada por *W. regia* y *M. cooperi*. En el estrato herbáceo domina *T. poeppigii* y en el rasante, *P. calomelanos*. El número de especies varió entre 23 y 14, cifras que denotan una disminución en el patrón de riqueza en comparación con la fase anterior.

La comunidad vegetal que se ha establecido en el área minera del bosque testigo corresponde a un palmar mixto de *P. dactyloides* y *T. guianensis*; se aprecia un estrato arbóreo

**Tabla 6.** Especies con los valores mayores de índice de dominancia en las diferentes fases de recuperación

Testigo	30 años		15 años		5 años		
Especies	I. Domi	Especies	I. Domi	Especies	I. Domi	Especies	I. Domi
<i>Tapirira</i> cf. <i>guianensis</i> (Ar)	124,86	<i>Cespedesia spathulata</i> (Ar)	176,79	<i>Tonina fluviatilis</i> (Ras)	176,46	<i>Andropogon bicornis</i> (H)	146,19
<i>Pholidostachys dactyloides</i> (Ar)	102,82	<i>Welfia regia</i> (a)	124,32	<i>Miconia sericea</i> (a)	143,60	<i>Mimosa pudica</i> (Ras)	129,61
<i>Anaxagorea allenii</i> (Ar)	94,12	<i>Pityrogramma calomelanos</i> (Ras)	104,00	<i>Cespedesia spathulata</i> (a)	131,58	<i>Pityrogramma calomelanos</i> (H)	124,2
<i>Attalea allenii</i> (a)	86,17	<i>Cecropia peltata</i> (Ai)	102,31	<i>Scleria mitis</i> (H)	125,56	<i>Miconia crenata</i> (a)	116,25
<i>Geonoma</i> sp. (a)	84,94	<i>Miconia cooperi</i> (a)	101,62	<i>Pityrogramma calomelanos</i> (H)	122,90	<i>Spermocoe latifolia</i> (H)	111,44
<i>Cyclanthus bipartitus</i> (H)	75,00	<i>Trichilia poeppigii</i> (H)	100,19	<i>Ischaemum latifolium</i> (H)	114,14	<i>Cyperus luzulae</i> (Ras)	106,85
<i>Socratea exorrhiza</i> (Ar)	63,95	<i>Vismia baccifera</i> (Ai)	86,92	<i>Alsophila</i> sp. (a)	113,08	<i>Croton chocoanus</i> (a)	95
<i>Aiphanes</i> cf. <i>bekarii</i> (Ar)	63,39	<i>Cosmibuena macrocarpa</i> (Ai)	86,92	<i>Andropogon bicornis</i> (H)	112,45	<i>Palhinhaea cernua</i> (H)	91,53
<i>Guatteria amplifolia</i> (Ar)	62,60	<i>Glossoloma panamense</i> (H)	82,88	<i>Piptocoma discolor</i> (a)	109,87	<i>Cecropia peltata</i> (a)	87,5
<i>Garcinia madruno</i> (Ar)	61,69	<i>Miconia reducens</i> (H)	81,92	<i>Croton chocoanus</i> (a)	109,87	<i>Isertia pittieri</i> (a)	70
<i>Symphonia globulifera</i> (Ar)	61,69	<i>Columnea picta</i> (H)	71,54	<i>Palicourea pseudoaxillaris</i> (a)	102,33	<i>Bellucia pentamera</i> (a)	66,88
<i>Doliodarpus</i> sp. (Ras)	56,67	<i>Socratea exorrhiza</i> (H)	69,62	<i>Palhinhaea cernua</i> (H)	94,56	<i>Piptocoma discolor</i> (a)	66,25

I. Domi: índice de dominancia

inferior donde aparecen con poca frecuencia *Hieronyma* cf. *oblonga*, *Swartzia* cf. *amplifolia*, *A. membranacea* y *E. sclerophylla*. En el estrato de arbolitos o subarbóreo dominan *T. guianensis*, *P. dactyloides* y *A. allenii*. En el estrato arbustivo las especies con mayor frecuencia son *Attalea allenii* y *G. caliptrogynoides*. En el estrato herbáceo, muy disminuido en cuanto a la densidad (número de individuos), dominan *C. bipartitus* y *F. calophylla*. En el estrato rasante las especies más frecuentes son *S. guianensis* y *Doliocarpus* cf. *dentatus*. El número de especies por parcela varió entre 47 y 20, valores mayores que en las otras áreas de recuperación.

En síntesis, el patrón caracterizado muestra las siguientes condiciones: la riqueza a nivel taxonómico se incrementa en la medida en que avanza la recuperación (fases de sucesión). El número de familias se ha incrementado de 16 en el área en recuperación de 5 años a 23 en el área de 30 años. Los géneros han pasado de 27 (5 años) a 40 (30 años) y el número de especies ha variado de 28 (5 años) a 52 (30 años). Este panorama se aleja bastante de la riqueza en el bosque testigo: 41 familias, 101 géneros y 128 especies (incluidas las epífitas). Según el patrón de similaridad florística, se encontraron siete especies (4 % de la riqueza total) representadas en todas las fases. Se encontraron 18 especies comunes al bosque testigo y la fase de recuperación de 30 años (10,5 % de la riqueza total). En las primeras fases, de 5 y 15 años, se encontraron once especies comunes (6,3 % de la riqueza total). Las otras combinaciones presentaron valores muy bajos.

En cada fase se encontraron altos valores en cuanto a las especies restringidas: en el bosque testigo, 95 especies, es decir, el 55 % del patrón global de riqueza; en la fase de recuperación de 30 años, 11 especies (11,6 %); en la de 15 años, siete especies (4 %), y en la de 5 años, dos especies (1,2 %).

La complejidad estructural también ha incrementado con el avance de la sucesión. En las fases iniciales (5 y 15 años) solamente se diferencian los estratos bajos (arbustivo, herbáceo y rasante) y a partir de los 30 años aparecen los estratos subarbóreo (de arbolitos) y arbóreo inferior, que aumentan su vigor y riqueza en el bosque testigo. El número de individuos en las fases iniciales es muy superior al de las fases avanzadas, pues en el área más reciente (5 años) se encontró un mayor número de individuos. En localidades situadas en bosque seco tropical y afectadas por depósitos de lava y otros elementos provenientes de arrastres fluvio-glaciares que produjeron la desaparición total de la cobertura original, **Esquivel, et al.** (2016) encontraron que en las fases iniciales (4 años de recuperación) había cuatro estratos: rasante, herbáceo, arbustivo, subarbóreo (arbolitos) y de trepadoras (lianas). Si se comparan estos resultados con los del presente estudio, puede concluirse que el proceso de recuperación por los efectos de la minería a cielo abierto es muy lento.

En cada fase de recuperación hay una expresión clara de dominancia de varias especies según los estratos diferenciados: en el área de 5 años los mayores valores en el índice

de dominancia fueron los de *A. bicornis* (h), *M. pudica* (ras) y *P. calomelanos* (h); en la fase de 15 años, los de *T. fluviatilis* (ras), *M. sericea* (a) y *C. spathulata* (a); en la fase de 30 años, los de *C. spathulata* (Ar), *W. regia* (a) y *P. calomelanos* (ras), y en el bosque testigo, los de *Tapirira* cf. *guianensis* (Ar), *P. dactyloides* (Ar) y *A. allenii* (Ar).

Los resultados obtenidos evidencian que la minería a cielo abierto genera modificaciones drásticas en la estructura de los bosques, pues hay pérdida de estratos (y, obviamente, de biomasa), principalmente el arbóreo, con abundante epifitismo. Debe recordarse que en los bosques con estructura apropiada proliferan grupos florísticos como las epífitas, que sirven como indicadores de un buen estado de salud y conservación (**Barthlott, et al.**, 2001; **Kromer, et al.**, 2007; **Werner, et al.**, 2005; **Koster, et al.**, 2009).

En las áreas estudiadas (áreas en recuperación y bosque testigo) se encontraron 172 especies, 128 géneros y 45 familias. Las familias más ricas fueron la Melastomataceae (14 géneros y 24 especies), la Fabaceae (9/16) y la Arecaceae (12/15). Los géneros con mayor número de especies fueron *Anthurium* (9), *Inga* (7) y *Miconia* (7).

Entre las familias más ricas, presentes en todas las áreas de recuperación, figuran la Melastomataceae, la Fabaceae, la Rubiaceae, la Hypericaceae, la Urticaceae, la Malvaceae y la Asteraceae. En las áreas con 30 años de recuperación y en el bosque testigo aparecen representadas la Arecaceae, la Clusiaceae y la Moraceae, las cuales están ausentes en las áreas correspondientes a las fases iniciales de recuperación. Una situación similar se presenta con el patrón de riqueza de las epífitas: en el bosque testigo se encontraron 26 especies, con una gran riqueza del género *Anthurium* (8 especies), y en el área de 30 años se encontraron 12 especies y representación de los géneros *Anthurium* (una especie) y *Philodendron* (dos especies). Varios autores han reportado la presencia de representantes de la familia Arecaceae en los diferentes tipos de vegetación del Chocó biogeográfico y han mencionado el papel fundamental de las palmeras como elementos definidores de la estructura y de la composición florística de las comunidades (**Galeano**, 2001; **Gentry**, 1986; **Rangel**, 2004; **Ledezma-R. & Galeano**, 2014). La aparición de especies de palmas en las áreas con 30 años de recuperación y su ausencia en las que están en las fases iniciales es un indicador claro del progreso en la recuperación de la composición florística inicial, y confirma que esta familia es un indicador ecológico de la mejoría de la complejidad en un sitio determinado.

**Relaciones sinecológicas de la vegetación.** En el matorral dominado por *M. sericea* y *C. spathulata* se observó que esta última especie empieza a adquirir importancia a partir de los 15 años de recuperación y alcanza el mayor índice de dominancia en la parcela de 30 años de recuperación, para luego empezar a disminuir. En este sentido, en la vegetación de la isla Gorgona *C. spathulata* es una especie característica de la gran formación a nivel de la alianza fitosociológica de *C. spathulatae* y *Symphonion globuliferae*, la cual se establece entre los 40 y los 300 m de altitud en sitios

planos e inclinados muy húmedos (Rangel, 1990). Parece ser que *C. spathulata* es una especie oportunista, pionera, muy vigorosa, y su forma de crecimiento concuerda con el modelo de arquitectura denominado Koriba (Keller, 2004). Este hábito de crecimiento, con tallos y ramas de ramificación simpodial, le permite dominar cuando se producen claros en el bosque original, como acontece en la zona del río Claro en el Magdalena Medio (Rangel, obs. pers.). El patrón detectado en el área de estudio adquiere singular importancia para entender la situación actual en los bosques de las regiones tropical y subandina del Chocó biogeográfico, en donde *C. spathulata* se constituye en una especie dominante en áreas en recuperación (Rangel, et al., 2005).

Los pastizales dominados por *A. bicornis* son muy comunes en la llanura aluvial de la Orinoquia colombiana (en zonas húmedas de Arauca y Casanare), donde normalmente pueden asociarse con especies arbustivas de los géneros *Miconia* y *Lippia*. En la altillanura también es una especie dominante que puede estar acompañada por especies arbustivas como *Lippia alba*, *Guazuma ulmifolia* y con otros pastos como *Andropogon leucostachyus* y *Melinis minutiflora*. En general, su distribución se extiende a medida que se presentan intervenciones sobre las coberturas originales. La presencia y la extensión del pastizal matorral de *M. crenata* y *A. bicornis* en áreas recientemente sometidas a la minería, son un claro reflejo de la agresividad de *A. bicornis* como colonizador también en estos ambientes húmedos de tierras bajas.

El palmar mixto de *P. dactyloides* y *T. guianensis* (bosque testigo) constituyó el tipo de vegetación de referencia como etapa final del proceso de sucesión. Esta comunidad comparte espacio con la vegetación de la formación *C. spathulatae-S. globuliferae*, la cual agrupa varios tipos de bosques de la isla

Gorgona, Guapi, Cauca, y Chocó biogeográfico (Rangel, 1990). Otras especies importantes en estas comunidades son: *Hieronyma* cf. *oblonga*, *V. ferruginea*, *S. globulifera*, *P. xanthochyma*, *V. baccifera*, *Geonoma cuneata*, *P. tomentosa*, *Piper confertinodum*, *M. reducens*, *C. spathulata*, *Triolena* cf. *spicata*, *C. macrocarpa* y *Evodiantus funifer*. Asimismo, coexisten con los siguientes géneros: *Aiphanes*, *Asplundia*, *Anaxogera*, *Apeiba*, *Anthurium*, *Croton*, *Cecropia*, *Clusia*, *Conostegia*, *Eschweilera*, *Eugenia*, *Faramea*, *Guatteria*, *Inga*, *Ischnosiphon*, *Licania (sensu lato)*, *Miconia*, *Ocotea*, *Philodendron*, *Psychotria/Pallicourea*, *Sloanea*, *Topobea*, *Tovomita* y *Virola*, condición que demuestra un buen grado de similaridad florística de la vegetación de las dos localidades y apunala las consideraciones teóricas sobre la dinámica del proceso de recuperación en las áreas afectadas por la minería a cielo abierto.

**Cambios en la composición florística según la escala temporal.** En la Tabla 7 se presentan los valores de la riqueza en los estratos herbáceo, arbustivo, subarbóreo (de arbolitos) y arbóreo inferior, así como el número de individuos (excepto en el estrato herbáceo), en las diferentes fases de recuperación y a manera de comparación con la riqueza de formaciones boscosas y selváticas del mismo tipo de región tropical húmeda de la isla Gorgona y el Chocó biogeográfico (Rangel, 1990). Del análisis de la información es posible extraer las siguientes consideraciones: hay dos etapas marcadas en el proceso de sucesión, desde el inicio de la recuperación hasta los 15 años, cuando aumenta la riqueza de especies, especialmente en el estrato arbustivo, y no hay presencia de especies de los estratos altos. El número de individuos es mayor en el estrato arbustivo y, en general, casi se triplica en comparación con la fase inicial. A partir de los 30 años, en el palmar mixto de *W. regia* y *C. spathulata*

**Tabla 7.** Número de especies y de individuos según estratos en la vegetación de las etapas de recuperación y en formaciones vegetales del Chocó biogeográfico.

Tipo de vegetación	Arbóreo inferior		Subarbóreo (arbolitos)		Arbustivo		Herbáceo		Total	
	Ind.	Esp.	Ind.	Esp.	Ind.	Esp.	Ind.	Esp.	Ind.	Esp.
Bosque de <i>Ossaea sessilifolia</i> - <i>Anaxagorea phaeocarpae</i>	16	9	64	17	72	20	ND	35	152	81
Bosque de <i>Malpighia glabra</i> - <i>Cespedesia macrophylla</i>	31	13	57	18	130	23	ND	15	218	69
Formación Cespedesio <i>spathulatae</i> - <i>Symphonion globuliferae</i>	23	11	60	17	101	21	ND	25	184	74
Palmar mixto de <i>Pholidostachys dactyloides</i> y <i>Tapirira guianensis</i> (Testigo)	28	18	177	23	81	27	ND	27	286	95
Palmar mixto <i>Welfia regia</i> y <i>Cespedesia spathulata</i> (30 años)	26	4	56	5	37	5	ND	20	119	34
Matorral alto <i>Miconia sericea</i> y <i>Cespedesia spathulata</i> (15 años)	0	0	0	0	406	20	ND	14	406	34
Matorral pastizal <i>Miconia crenata</i> y <i>Andropogon bicornis</i> (5 años)	0	0	0	0	160	14	ND	11	160	25

ND: información no disponible; Ind. = individuos; Esp. = especies

aparecen cinco especies en el estrato subarbóreo y cuatro en el arbóreo inferior y se mantiene la riqueza total (34 especies), en tanto que se encuentran 82 individuos en los estratos altos (subarbóreo, o de arbolitos, y arbóreo inferior).

Si se hace una extrapolación “muy lineal” y se considera que en 30 años solamente se ha alcanzado a recuperar el 36 % del patrón de riqueza, lograr una condición de restauración parecida a lo que sería un palmar mixto de *P. dactyloides* y *T. guianensis* requeriría aproximadamente otros 50 años (80 años en total). Si tomáramos como referencia la formación boscosa predominante en la isla Gorgona, donde se documentaron procesos de intervención en la vegetación natural de manera tal que la mayor parte de estos bosques aún se encuentran en fases avanzadas del proceso de recuperación, para alcanzar el valor de riqueza promedio se requerirían cerca de 35 años más (65 años en total). Si se asume una progresión lineal en el aumento de las densidades (número de individuos), para alcanzar el valor del bosque testigo se requerirían 75 años, es decir 45 años adicionales. En comparación con los bosques de la isla Gorgona, el patrón de densidad del palmar mixto de *W. regia* y *C. spathulata* (30 años de recuperación) es casi el mismo. Estas cifras permiten concluir que el efecto de la intervención de la minería a cielo abierto sobre el bosque húmedo pluvial en localidades del Chocó biogeográfico es muy drástico y que los tiempos de restauración son muy lentos, lo cual genera incertidumbre sobre la posibilidad de que se restaure la vegetación original.

La restauración de los ecosistemas forestales representa una estrategia clave para la lucha contra las manifestaciones del cambio climático (pérdida de biodiversidad y desertificación), y ofrece oportunidades de desarrollo a las comunidades involucradas en dichos procesos, dados los productos y servicios que genera esta práctica. La restauración requiere de planificación, no es solo plantar árboles, su éxito depende de una proyección cuidadosa y debe basarse en los conocimientos científicos necesarios para que los ecosistemas degradados efectivamente puedan sobrevivir y recuperarse de las diferentes presiones abióticas, bióticas y sociales (Bozzano, *et al.*, 2014).

### Contribución de los autores

Los datos de campo fueron recolectados de la tesis de doctorado de Giovanni Ramírez, dirigida por J. Orlando Rangel-Ch. La fase analítica del manuscrito fue adelantada por los dos autores, así como la discusión y las conclusiones finales.

---

### Material suplementario

---

**Anexo 1.** Especies de epífitas en el bosque testigo y en el área de recuperación de 30 años. Vea el anexo 1 en: <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/896/2626>

**Anexo 2.** Número de individuos según estratos en las fases de recuperación. Vea el anexo 2 en: <https://www.raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/896/2627>

---

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses personal ni profesional que haya afectado el desarrollo del estudio.

### Agradecimientos

Al botánico y ecólogo Gerardo Aymard, por su detallada revisión y por los aportes que mejoraron la presentación final del documento.

### Referencias

- Ayala, H., Murillo, W., Mosquera, J. (2008). Evaluación de la adaptabilidad de la acacia (*Acacia mangium* Wild.), y bija (*Bixa orellana* L.) en áreas degradadas por la actividad minera aluvial en el Chocó biogeográfico, Condoto, Chocó, Colombia. *Bioetnia*. 5 (2): 115 – 123.
- Barthlott, W., Schmit-Neuerburg, V., Nieder, J., Engwald, S. (2001). Diversity and abundance of vascular epiphytes: a comparison of secondary vegetation and primary montane rain forest in the Venezuelan Andes. *Plant Ecology*. 152: 145-156.
- Berdugo-L., M. L. (2008). Caracterización de las variaciones morfoecológicas a nivel foliar en diferentes tipos de bosques del departamento de Córdoba, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Berdugo-L., M.L., Avella-M., A., Rangel-Ch., J.O. (2012). Patrón de distribución de la riqueza vegetal en un gradiente de precipitación en el Caribe de Colombia. En: J.O. Rangel-Ch. (editor). Colombia Diversidad Biótica XII. La región Caribe de Colombia. Universidad Nacional de Colombia – Instituto de Ciencias Naturales. p. 575-600.
- Bozzano, M., Jalonen, R., Thomas, E., Boshier, D., Gallo, L., Cavers, S., Bordács, S., Smith, P., Loo, J. (Editores) (2014). Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. State of the World's Forest Genetic Resources – Thematic Study. Rome, FAO and Bioversity International. p. 282.
- Esquivel, H., Tinoco-F., E., Torres, A.J. (2016). La sucesión vegetal en los lodos fluviovolcánicos de Armero-Tolima-Colombia 30 años después de la erupción del volcán arenas del nevado del Ruiz. *Caldasia*. 38 (1): 101-116.
- Galeano, G. (2001). Estructura, riqueza y composición de plantas leñosas en el golfo de Tribugá, Chocó, Colombia. *Caldasia*. 23 (1): 213-236.
- Gentry, A.H. (1986). Species richness and floristic composition of Chocó región plant communities. *Caldasia*. 15: 71-91.
- Gentry, A. (1993). A field guide to the families and genera of Woody plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú). Conservation International. Washington. 460 p.
- Keller, R. (2004). Identification of tropical Woody plants in the absence of flowers (A field guide). 2 ed. Birkhäuser, Verlag, Basel, Switzerland, 294 p.
- Köster, N., Friedrich, K., Nieder, J., Barthlott, W. (2009). Conservation of epiphyte diversity in an Andean landscape transformed by human land use. *Conservation Biology*. 23 (3): 911-919.
- Krömer, T., Gradstein, R.S., Acebey, A. (2007). Diversidad y ecología de epífitas vasculares en bosques montanos primarios y secundarios de Bolivia. *Ecología en Bolivia*. 42 (1): 23-33.

- Leal, C.** (2009). La compañía minera Chocó Pacífico y el auge del platino en Colombia, 1897-1930. *Historia Crítica 1* (edición especial). p. 150-164.
- Ledezma-Rentería, E. D. & G. Galeano.** (2014). Usos de las palmas en las tierras bajas del pacífico colombiano. *Caldasia*. **36** (19): 71-84.
- Rangel-Ch., J.O. & Lozano-C., G.** (1986). Un perfil de vegetación entre la Plata (Huila) y el Volcán del Puracé. *Caldasia*. **14** (68-70): 503-547.
- Rangel-Ch., J.O.** (1990). Tipos de vegetación. En: J. Aguirre-C. & J.O. Rangel-Ch. (editores). *Biota y ecosistemas de Gorgona*, Fondo FEN Colombia. Bogotá. p. 107-126.
- Rangel-Ch., J.O.** (Editor). (2004). Colombia diversidad biótica IV: El Chocó biogeográfico/costa Pacífica. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. 997 pp.
- Rangel-Ch., J.O. & Arellano, H.** (2004). Clima del Chocó biogeográfico. En: Rangel-Ch., J.O. (editor). *Colombia diversidad biótica IV. El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica*. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá. p. 39-82.
- Rangel-Ch., J.O., Cleef, A.M., Salamanca, S., Ariza, C.L.** (2005). La vegetación de los bosques y selvas del Tatamá. En: T. Van der Hammen, J.O. Rangel-Ch. & A.M. Cleef (Editores). *Estudios de Ecosistemas Tropandinos-Ecoandes 6. La cordillera Occidental, transecto de Tatamá*: 469-644. J. Cramer, (BORNTAEGER) Berlín-Stuttgart. ISBN: 3-443-50028-5.
- Vargas, L., Ramírez, G., Quesada, Z., Valoyes, Z.** (2009). Diagnóstico ambiental de áreas degradadas por la minería de oro y platino en el municipio de Atrato-Chocó y diseño de alternativas de recuperación. Alcaldía del Municipio de Atrato. Atrato – Chocó. 157 p.
- Werner, F., Homeier, J., Gradstein, S.** (2005). Diversity of vascular epiphytes on isolated remnant trees in the montane forest belt of southern Ecuador. *Ecotropica*. **11**: 21-40.