
Especies vegetales colonizadoras de áreas perturbadas por la minería en bosques pluviales del Chocó, Colombia

Colonizer plant species of sites disturbed by mining in the Chocoan rain forests, Colombia

Hamleth Valois-Cuesta y Carolina Martínez-Ruiz

Resumen

El Chocó biogeográfico (Colombia) es una región biodiversa pero afectada drásticamente por la minería. En este trabajo, se identificaron las especies de plantas vasculares que colonizan áreas afectadas por minería en bosques de la región; en concreto, se recolectaron plantas en diferentes formaciones topográficas de siete minas abandonadas (3-15 años de abandono después del cese de la actividad minera) en tres municipios de la región. Se identificaron 66 especies, 47 géneros y 22 familias. Las familias más representativas fueron Cyperaceae (14,9 % géneros y 25,8 % especies), Melastomataceae (14,9 y 15,2 %) y Rubiaceae (10,6 y 12,1 %), mientras que los géneros con más especies fueron *Cyperus* (8,5 % especies), *Rhynchospora* (8,5 %), *Scleria* (6,4 %) y *Spermacoce* (6,4 %). La forma de vida predominante fue la herbácea (80,3 % especies) y los hábitats con más especies fueron las llanuras no inundables (36,3 % especies), el ecotono (34,8 %) y las depresiones cenagosas (31,8 %). Las depresiones cenagosas incluyeron más especies exclusivas (42,8 %, n = 42). La revegetación temprana de las minas depende de la historia de vida de las plantas colonizadoras y de factores asociados al sustrato.

Palabras clave. Minería aurífera. Preferencia de hábitat. Riqueza de especies. Sucesión primaria. Vegetación herbácea.

Abstract

The Chocó (Colombia) is a region with high biodiversity but dramatically affected by mining. In this work, vascular plant species that colonize abandoned mines in the rain forests of Chocoan region were identified. In particular, plants were collected from different landforms in seven abandonment mines (3-15 years of abandoned after mining activity) of three municipalities in the Chocó region. Sixty-six species, 47 genera and 22 families were identified. The most representative families were Cyperaceae (14.9 % genera and 25.8% species), Melastomataceae (14.9 and 15.2%) and Rubiaceae (10.6 and 12.1%), while the more species-rich genera were *Cyperus* (8.5% species), *Rhynchospora* (8.5%), *Scleria* (6.4%) and *Spermacoce* (6.4%). The dominant life form was herbaceous (80.3% species) and more species-rich habitats were non-flood plains (36.3% species), the mine-forest edge (34.8%) and flood depressions (31.8%). The flood depressions included more exclusive species (42.8%, n = 42). Early revegetation of mine depends on the life history of colonizing plants and factors associated with the substrate.

Key words. Gold mining. Habitat preference. Herbaceous vegetation. Primary succession. Species richness.

Introducción

Los bosques pluviales del Chocó en Colombia poseen alta diversidad de especies vegetales (Gentry 1986, Forero y Gentry 1989, Rangel-Ch *et al.* 2004, Bernal *et al.* 2015); con registros de 5976 especies de plantas superiores (Rangel-Ch *et al.* 2004, Bernal *et al.* 2015), aunque el número estimado asciende hasta 8000 (Forero y Gentry 1989). Además de esta riqueza florística, en estas zonas boscosas existen yacimientos de oro y platino, los cuales se han explotado por los pobladores chocoanos a pequeña escala a lo largo del tiempo, sin graves impactos sobre el ambiente. Sin embargo, en la actualidad, la minería que se viene practicando en este territorio utiliza maquinaria pesada, como retroexcavadoras, que eliminan la cubierta vegetal, fragmentan el paisaje y transforman los ecosistemas (Capitán 1994, Ramírez-Moreno y Ledezma-Rentería 2007, Leal 2009, Andrade-C 2011). Como resultado de esta actividad minera, junto a otras como la tala indiscriminada de bosques, cerca del 12 % de las especies de la flora de espermatofitas de la región se encuentran dentro de alguna categoría de amenaza (Rangel-Ch 2004). Dado este panorama, el desarrollo de protocolos de restauración ecológica constituye una herramienta útil para mantener la diversidad biológica, ya que la restauración ecológica trata, en la medida de lo posible, de llevar a las comunidades vegetales afectadas hacia su condición original (Bradshaw 1992, 1997).

Aunque existe poca información científica derivada de experiencias regionales para aplicar estas herramientas a escala local, algunos trabajos realizados en el Chocó han demostrado que especies exóticas introducidas, como *Acacia mangium*, tienen alta capacidad de adaptabilidad y competencia frente a las especies nativas (Ayala *et al.* 2008, Valois-Cuesta 2016). Debido a esto, *A. mangium* es una especie usada frecuentemente (casi la única) para revegetar áreas afectadas por minería en el Chocó, desconociéndose sus efectos sobre la regeneración natural de los sitios afectados. El riesgo de introducir especies exóticas como medida de restauración ecológica radica en que estas especies pueden convertirse en invasoras y generar cambios en la trayectoria de la regeneración

natural de los sistemas afectados (Simberloff y Von Holle 1999, Fuentes-Ramírez *et al.* 2011). De ahí, la importancia de realizar inventarios de las especies involucradas en el proceso de revegetación natural de las minas abandonadas, pues ello permitirá seleccionar especies con potencial para ser empleadas en programas de restauración ecológica de esas áreas críticas en un contexto de alta biodiversidad.

El objetivo del presente artículo fue identificar la flora que de forma natural coloniza las minas abandonadas tras la minería auroplatínifera en el Chocó, Colombia, y caracterizarla en términos de diferentes grupos funcionales (grupos taxonómicos, hábito de crecimiento y zona de la mina donde proliferan). Se pretende que la información básica derivada de este estudio facilite la implementación de programas de restauración ecológica de los sistemas forestales naturales afectados por minería en regiones como el Chocó, haciendo uso de especies nativas.

Material y métodos

Área de estudio

El trabajo se realizó en los municipios de Cértegui (5°41'41''N - 76°39'40''O), Condoto (5°05'30''N - 76°39'00''O) y Unión Panamericana (5°16'53''N - 76°37'48''O), los cuales pertenecen a la subregión del San Juan, Chocó, Colombia (Figura 1). Esta subregión, está compuesta por llanuras aluviales y pequeñas colinas en la cuenca del río San Juan, al sureste del departamento del Chocó (Forero y Gentry 1989, Poveda-M *et al.* 2004). El territorio del San Juan es la zona de mayor productividad auroplatínifera del Chocó (Ayala *et al.* 2008, Valois-Cuesta 2016), región que se caracteriza ambientalmente por una precipitación de 5000 - 13000 mm anuales, una temperatura de 23-27 °C y una humedad relativa que supera el 80 % (Poveda-M *et al.* 2004). Sobre la base de diferencias en clima y relieve, la región cuenta con variedad de ecosistemas y diferentes tipos de vegetación con alta diversidad y alto grado de endemismos, especialmente de las familias

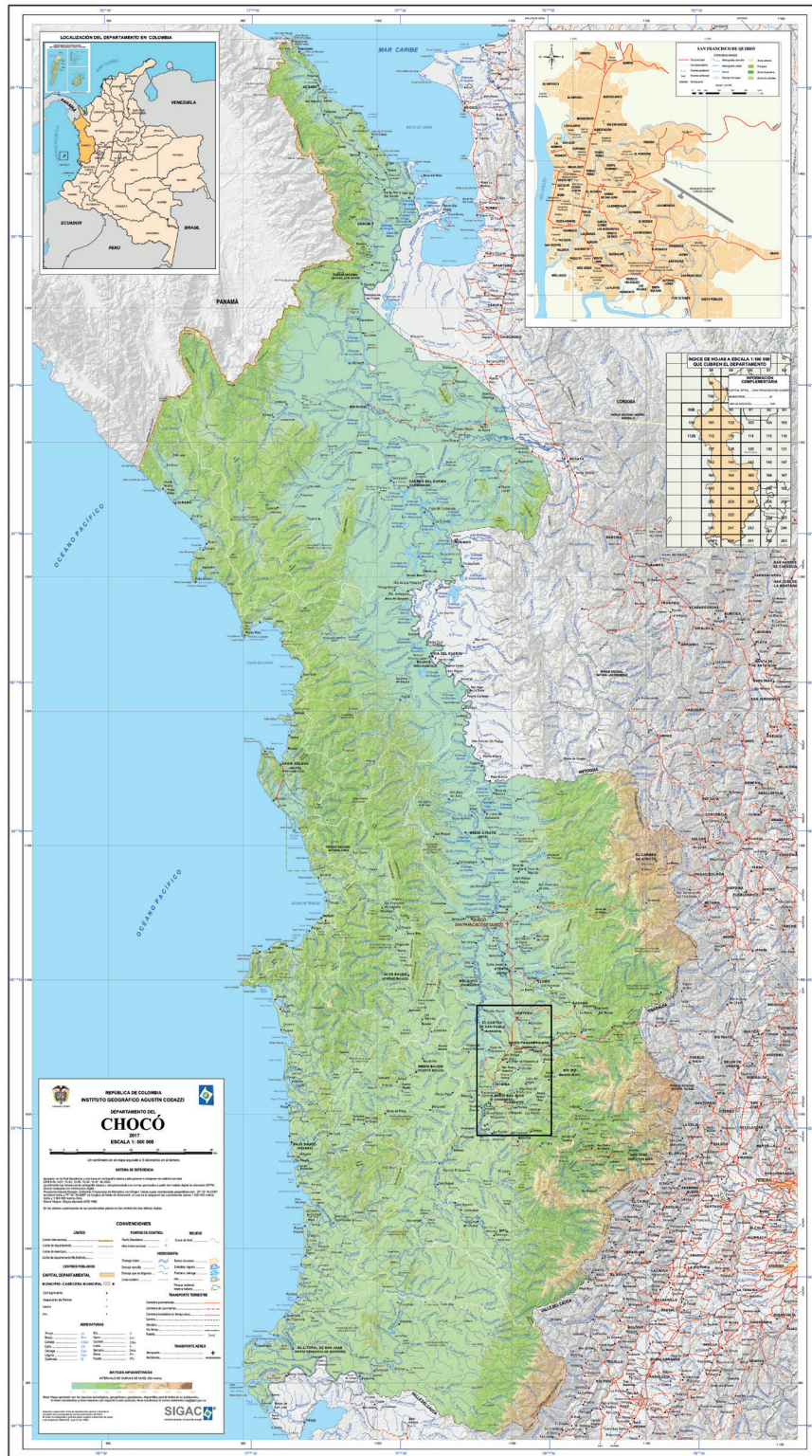


Figura 1. Ubicación de los municipios de Cértegui, Unión Panamericana y Condoto (cuadro en el mapa) dentro del departamento del Chocó, Colombia. Fuente: Igac (2017).

Rubiaceae, Melastomataceae, Arecaceae, Piperaceae, Asteraceae, Fabaceae y Clusiaceae (Rangel-Ch *et al.* 2004, Rangel-Ch y Rivera-Díaz 2004, Bernal *et al.* 2015).

La riqueza de especies vegetales del territorio chocoano ha sido fuente de bienes y servicios para la subsistencia de los pueblos asentados en la región, representados por poblaciones negras (75,7 %) e indígenas (11,9 %), principalmente (Gobernación del Chocó 2015). Estos grupos humanos han utilizado productos del bosque durante generaciones para satisfacer sus necesidades, principalmente alimentarias, medicinales, de vivienda y transporte, así como también para desarrollar variadas actividades de importancia socio-cultural (Galeano 2000, Valois-Cuesta *et al.* 2013). A pesar de ello, en la actualidad la minería ocupa uno de los principales puestos en la socio-economía del departamento del Chocó (Ramírez-Moreno y Ledezma-Rentería 2007, Leal 2009).

Características de las minas estudiadas

En concreto, el estudio se realizó en siete minas abandonadas, tres de ellas ubicadas en Raspadura (Unión Panamericana), tres en Jigualito (Condoto) y una en Cértegui (Cértegui). Las minas muestreadas

tenían entre 3 y 15 años de edad tras el abandono, en el momento de iniciar la recolección de muestras botánicas (marzo de 2012) y correspondían a áreas selváticas que fueron intervenidas con retroexcavadoras y motobombas de alta presión para la extracción de oro y platino del subsuelo, generando fuertes impactos, tales como pérdida total de la cobertura vegetal y erosión de las propiedades del suelo (Figura 2a). Como resultado de las labores de remoción del suelo para la extracción de los minerales, en las áreas mineras afectadas (no solamente las seleccionadas para este estudio) se pueden identificar diferentes formaciones topográficas, donde la vegetación emerge gradualmente con el paso del tiempo de manera diferencial, tales como zona de transición mina-bosque (ecotono), zonas llanas no inundables, taludes, depresiones cenagosas o zonas pantanosas y montículos de arena y grava (Figuras 2b y 3).

Muestreos de vegetación

En las minas seleccionadas se realizaron colecciones generales de las morfo-especies de plantas vasculares que caracterizan a estos sistemas durante dos años (entre marzo de 2012 y marzo de 2014), tomando nota de su hábito de crecimiento (herbáceo, arbustivo o arbóreo) y el sitio de la mina (hábitat) donde estas se encontraban creciendo (ecotono, taludes,



Figura 2. Minería a cielo abierto en el Chocó, Colombia: a) impactos generados por la actividad minera realizada con retroexcavadoras en el seno de los sistemas forestales naturales y b) capacidad de regeneración natural de los sistemas afectados.

depresiones inundables, zonas llanas o montículos de arena y grava). Estas colecciones se realizaron recorriendo toda la superficie de las minas, desde el ecotono (zona de transición mina-bosque) hacia el interior de la mina, tratando siempre de recolectar el mayor número de morfo-especies diferentes. Todas las muestras recolectadas fueron identificadas hasta especie con ayuda de literatura especializada

(Gentry 1996, Mahecha 1997), por confrontación con ejemplares depositados en los herbarios CHOCÓ de la Universidad Tecnológica del Chocó, Colecciones Científicas en Línea de la Universidad Nacional de Colombia con sede en Bogotá (<http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/>), Tropic del Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org>) y Virtual Herbarium del New York Botanical Garden (<http://www.nybg.org>).



Figura 3. Principales formaciones topográficas resultantes de las labores de minería a cielo abierto en bosques naturales del Chocó, Colombia: a) zonas planas no inundables, b) taludes de pendiente fuerte, c) depresiones cenagosas o zonas pantanosas y d) montículos de arena y grava.

org/), y gracias a la colaboración de especialistas en la flora colombiana y del Chocó biogeográfico. La validez de los nombres científicos se comprobó en las bases de datos especializadas: Trópicos, The International Plant Names Index (<http://www.ipni.org>) y The Plant List (<http://www.theplantlist.org>). Todas las muestras recolectadas se encuentran en el Herbario CHOCÓ y su clasificación se basa en los trabajos del grupo de filogenética de angiospermas (APG III) (APG III 2009, Chase y Reveal 2009, Haston *et al.* 2009).

Resultados

En total se registraron 66 especies de plantas vasculares que se agrupan en 47 géneros y 22 familias. Las familias más representativas en términos del número de géneros y especies fueron Cyperaceae (14,9 % de los géneros y 25,8 % de las especies), Melastomataceae (14,9 y 15,2 % respectivamente) y Rubiaceae (10 y 12,1 % respectivamente). Las 19 familias restantes estuvieron representadas por menos que cinco especies y géneros (Anexo 1). Los géneros más importantes por su riqueza de especies fueron *Cyperus* (8,5 %), *Rhynchospora* (8,5 %), *Scleria* (6,4 %) y *Spermacoce* (6,4 %). Los 43 géneros restantes tuvieron representaciones inferiores a dos especies (Anexo 1). Las especies comúnmente encontradas en las minas estudiadas pueden visualizarse en el Anexo 2.

La vegetación de las minas estuvo representada principalmente por especies de crecimiento herbáceo con 53 especies (80,3 %), seguido por el hábito arbóreo, con nueve especies (13,6 %) y el hábito arbustivo con cuatro especies (6,1 %) (Chi-cuadrado: $X^2 = 66$, $gl = 2$, $p < 0,0001$). Por otro lado, los hábitats diferenciados dentro de las minas con mayor número de especies fueron las zonas llanas no inundables con 24 especies (36,3 %), le siguieron en orden de importancia las zonas de transición bosque-mina (ecotono) con 23 especies (34,8 %), las depresiones cenagosas con 21 especies (31,8 %), los montículos de arena y grava con 16 especies (24,2 %) y los taludes con ocho especies (12,1 %) (Chi-cuadrado: $X^2 = 9,4$, $gl = 4$, $p = 0,051$).

Además, conviene destacar que 42 de las 66 especies registradas (el 63,6 %) fueron exclusivas de alguno de los hábitats diferenciados dentro de las minas (Anexo 1). En este sentido, los hábitats con mayor número de especies exclusivas fueron las depresiones cenagosas (18 especies, 42,8 %), seguidas en orden de importancia por la transición bosque-mina (10 especies, 23 %), los montículos de arena y grava (7 especies, 16,6 %), las llanuras (4 especies, 9,5 %) y finalmente los taludes (3 especies, 7,1 %) (Chi-cuadrado: $X^2 = 17,2$, $gl = 4$, $p = 0,001$).

Discusión

En las minas estudiadas se registraron 66 especies de plantas vasculares agrupadas en 22 familias y 47 géneros. Estos datos suponen una baja riqueza de especies en las minas del área de estudio, con relación a la riqueza de especies registrada en los bosques de la región del Chocó (Gentry 1986), que se estima en 8000 especies (Forero y Gentry 1989) aunque sólo existan registros de 5976 (Rangel-Ch *et al.* 2004, Bernal *et al.* 2015). También la riqueza de especies encontrada en las minas inventariadas en este estudio, de entre 3 y 15 años de edad tras el abandono, es inferior a la riqueza de especies de los bosques adyacentes o de referencia. De hecho, cerca de 300 especies fueron encontradas en los bosques de referencia (adyacentes) a estas minas en el municipio de Unión Panamericana, Chocó (Asprilla *et al.* 2003, Valois-Cuesta 2016).

Cuando se compara el número de especies encontrado en las minas del área de estudio con el registrado en minas inventariadas en otras regiones neotropicales, queda claro que la riqueza de especies es un parámetro que varía sustancialmente. Al respecto, Díaz y Elcoro (2009) encontraron 157 especies, 105 géneros y 46 familias en algunas minas de oro en el estado Bolívar (Venezuela). En este mismo territorio, pero en minas de hierro, Guevara *et al.* (2005) registraron 51 especies, mientras que Hernández-Acosta *et al.* (2009) en una mina de hierro de Pachuca (México) encontraron solo 25 especies y Rodríguez *et al.* (2004) en minas de oro en el estado de Mato Grosso, Brasil reportan 56 especies y 34 familias. Esta

disparidad de resultados, en cuanto a la riqueza de especies de plantas colonizadoras de zonas afectadas por la minería, indica que la riqueza de especies colonizadoras de estas áreas puede depender de la localidad y el tipo de minería, pero también de otros factores como la edad de abandono después de la intervención minera o la intensidad y frecuencia de la perturbación (Walker y Del Moral 2003).

Aunque las áreas afectadas por la minería puedan tener diferencias en cuanto a la riqueza de especies de plantas que la colonizan, es claro que son dominadas por ciertos grupos taxonómicos o funcionales. De hecho, las familias mejor representadas en las minas del área de estudio (Cyperaceae, Melastomataceae y Rubiaceae) también son predominantes (en riqueza de especies o cobertura) en muchas áreas afectadas por la minería, con diferentes edades tras el abandono, bajo un ambiente Neotropical (Díaz y Elcoro 2009). Incluso algunos géneros de plantas herbáceas como *Cyperus*, *Rhynchospora* y *Scleria*, que fueron comunes en las minas del área de estudio, también se encontraron en minas de otras regiones neotropicales (Díaz y Elcoro 2009). Por tanto, aunque puedan existir diferencias sustanciales en términos de riqueza de especies entre minas, dentro y entre localidades, las diferencias en términos de grupos taxonómicos (géneros y familias) tienden a ser bajas, especialmente en la etapa sucesión temprana.

Por otro lado, especies como *Erechtites hieracifolia* (Asteraceae), *Cyperus luzulae*, *C. odoratus*, *Eleocharis filiculmis*, *Fuirena umbellata* y *Scleria secans* (Cyperaceae), *Davilla kunthii* (Dilleniaceae), *Chelonanthus alatus* (Gentianaecae), *Lycopodiella cernua* (Lycopodiaceae), *Clidemia capitellata* (Melastomataceae), *Andropogon bicornis* (Poaceae), *Pityrogramma calomelanos* (Pteridaceae) y *Spermacoce alata* (Rubiaceae) que, siendo comunes en el área de estudio, también se encontraron en minas de otras regiones neotropicales (Díaz y Elcoro 2009), sugiere que a pesar de las diferencias de riqueza las diferencias en composición florística no son tan marcadas.

Aunque la mayoría de las especies encontradas en las minas estudiadas presentan hábito de crecimiento herbáceo, es importante destacar que algunas especies arbóreas como *Cecropia peltata*, *Vismia baccifera* y *Cespedesia spathulata*, entre otras, podrían ser prometedoras en la reforestación o rehabilitación de áreas afectadas por la minería o terrenos baldíos (Hoyos 1990), pues son fuente de recursos alimenticios y pueden servir como perchas naturales para atraer aves dispersoras de semillas desde los bosques adyacentes a las minas (Estrada-Villegas *et al.* 2007).

En las minas estudiadas, las zonas llanas no inundables, las zonas de borde bosque-mina y las depresiones cenagosas albergaron mayor riqueza de especies que los montículos de arena y grava, y los taludes. Las depresiones cenagosas constituyeron, además, el hábitat con mayor número de especies exclusivas y, en concreto, en las minas abandonadas de Raspadura (Chocó) muestran, además, mayor cobertura vegetal ($43,2 \pm 12,9$ %) que las llanuras no inundables ($38,2 \pm 11,8$ %), los taludes ($23,3 \pm 6,5$ %) o los montículos de arena y grava ($2,2 \pm 2,0$ %) (Valois-Cuesta 2016). Según Díaz y Elcoro (2009), la colonización de especies de plantas en minas abandonadas se inicia en las zonas bajas, donde hay más humedad y se han depositado el limo y la arcilla procedentes del material de desecho y de posiciones topográficas más altas. En efecto, en las minas del área de estudio, las depresiones cenagosas presentan mayor contenido en magnesio ($0,22 \pm 0,04$ cmolc kg⁻¹) y limos ($28,0 \pm 18,0$ %) que las otras formaciones topográficas (Valois-Cuesta 2016), lo cual corrobora hasta cierto punto las afirmaciones de Díaz y Elcoro (2009) sobre colonización en áreas afectadas por minería. Aunque la fase inicial de colonización puede ser afectada por las condiciones del sustrato, hay que tener en cuenta que la presencia de comunidades vegetales en un lugar particular no depende únicamente de la calidad del sitio, sino también de las posibilidades de dispersión de las especies y de su potencial para la germinación, supervivencia y establecimiento (Ash *et al.* 1994).

Conclusiones

Las especies que se establecen en el seno de las minas durante la regeneración temprana (< 15 años de abandono) son generalmente herbáceas pertenecientes a las familias Cyperaceae, Melastomataceae y Rubiaceae. La mayoría de estas especies no se encuentran en bosques de referencia adyacente, lo que hace suponer que su procedencia son otras zonas degradadas circundantes. Por otra parte, la colonización de estas especies vegetales en las minas parece estar asociada a condiciones de calidad de los sustratos, así como también su propia historia de vida. Al respecto, aquellos ambientes como las depresiones cenagosas, las zonas de transición bosque-mina y las llanuras no inundables son hábitats que deberían ser promovidos después de las actividades mineras, más que los taludes o los montículos de arena y grava, ya que estos últimos promueven en menor medida la colonización de especies en esos sistemas.

Es importante adelantar estudios para entender la ecofisiología de algunas especies nativas, pioneras y herbáceas como *Aciotis rubicaulis* (Mart. ex DC.) Trana, *Acisanthera quadrata* Pers., *Coccocypselum hirsutum* Bartl. ex DC., *Eleocharis filiculmis* Kunth, *Fuirena umbellata* Rottb, *Rhynchospora tenerrima* Nees ex Spreng, *Scleria robusta* Camelb. & Goetgh, *Mimosa pudica* L., *Nepsera aquatica* (Aubl.) Naudin y *Sauvagesia erecta* L.; arbustivas como *Lepidaploa lehmannii* (Hieron.) H. Rob., *Psychotria cooperi* Standl., *Sabicea panamensis* Wernham y *Spermacoce alata* Aubl.; y arboreas como *Croton killipianus* Croizat, *Vismia baccifera* (L.) Planch. & Triana, *Vismia macrophylla* Kunth, *Miconia reducens* Triana, *Cespedesia spathulata* (Ruiz & Pavon) Planch., *Isertia pittieri* (Standl.) Standl., *Cecropia hispidissima* Cuatrec. y *Cecropia peltata* L. ya que podrían ser buenas opciones para iniciar procesos de revegetación de áreas degradadas por minería bajo las condiciones biofísicas del Chocó.

Agradecimientos

A las comunidades de Raspadura (Unión Panamericana), Jugualito (Condoto) y Cértegui por su hospita-

dad. A S. Eccehomo por su acompañamiento. A K. Y. Figueroa, Y. Urrutia, J. F. Lizalda, J. J. Maturana, A. M. Jiménez, E. Ledezma y D. A. Lozano por su ayuda en salidas de campo. A. F. García y D. Giraldo por su ayuda en la identificación del material vegetal. Este trabajo fue financiado por la Universidad Tecnológica del Chocó (UTCH) (convocatoria interna para grupos de investigación 2013-2014).

Bibliografía

- Andrade-C, G. 2011. Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 35: 491-507.
- APG III. 2009. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the order and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- Ash, H. J., R. P. Gemmell y A. D. Bradshaw. 1994. The introduction of native plant species on industrial waste heaps: a test of immigration and other factors affecting primary succession. *Journal of Applied Ecology* 31: 74-84.
- Asprilla, A., C. Mosquera, H. Valoyes, H. Cuesta y F. García. 2003. Composición florística de un bosque pluvial tropical (bp-T) en la parcela permanente de investigación en biodiversidad (PPIB) en Salero, Unión Panamericana, Chocó. Pp: 39-44. *En:* García, F., Y. Ramos, J. Palacios, J. Arroyo, A. Mena y M. González (Eds.). Salero, Diversidad biológica de un bosque pluvial tropical (bp-T). Guadalupe Ltda, Bogotá, Colombia.
- Ayala, J. H., J. Mosquera y W. I. Murillo. 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: 115-123.
- Bernal, R., S. R. Gradstein y M. Celis. 2015. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantadescolombia.unal.edu.co>.
- Bradshaw, A. D. 1992. The biology of land restoration. Pp: 25-44. *En:* Jain, S. K. y L. W. Botsford (Eds.). Applied population biology. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Bradshaw, A. D. 1997. Restoration of mined land—using natural processes. *Ecological Engineering* 8: 255-269.
- Capitán, L. F. 1994. Platina española para Europa en el siglo XVIII. *Llull* 17: 289-312.

- Chase, M. W. y J. L. Reveal. 2009. A phylogenetic classification of the land plant to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 122-127.
- Díaz, W. A. y S. Elcoro, S. 2009. Plantas colonizadoras en áreas perturbadas por la minería en el estado Bolívar, Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* 32: 453-466.
- Estrada-Villegas, S., J. Pérez-Torres y P. Stevenson. 2007. Dispersión de semillas por murciélagos en un borde de bosque montano. *Ecotropicos* 20:1-14
- Forero, E. y A. Gentry. 1989. Lista anotadas de plantas del Chocó. Instituto de Ciencias Naturales. Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Guadalupe Ltda. Bogotá, Colombia. 142 pp.
- Fuentes-Ramírez, A., A. Pauchard., L. A. Cavieres y R. A. García. 2011. Survival and growth of *Acacia dealbata* vs. native trees across an invasion front in south-center Chile. *Forest Ecology and Management* 261: 1003-1009.
- Galeano, G. 2000. Forest use at the pacific coast of Chocó, Colombia: a quantitative approach. *Economic Botany* 54: 358-376.
- Gentry, A. H. 1986. Species richness and floristic composition or Chocó region plant communities. *Caldasia* 15: 71-75.
- Gentry, A. H. 1996. A field guide to the families and genera of woody plants of North West South America: (Colombia, Ecuador, Perú): with supplementary notes on herbaceous taxa. Conservation International, Washington DC. 895 pp.
- Gobernación del Chocó. 2015. Nuestro departamento - Chocó, información general. Recuperado el 20 de junio, 2015 de: http://www.choco.gov.co/informacion_general.shtml.
- Guevara, R., J. Rosales y E. Sanoja. 2005. Vegetación pionera sobre rocas, un potencial biológico para la revegetación de áreas degradadas por la minería de hierro. *Interciencia* 30: 644-652.
- Haston, E., J. E. Richardson, P. F. Stevens, M. W. Chase y D. J. Harris. 2009. The linear angiosperm phylogeny group (LAPG) III: a linear sequence of the families in APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 128-131.
- Hernández-Acosta, E., E. Mondragón-Romero, D. Cristóbal-Acevedo, J. E. Rubiños-Panta y E. Robledo-Santoyo. 2009. Vegetación, residuos de mina y elementos potencialmente tóxicos de un jal de Pachuca, Hidalgo, México. *Revista Chapingo* 15: 109-114.
- Hoyos, J. F. 1990. Los árboles de Caracas. Monografía N° 24. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, Caracas, Venezuela. 409 pp.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - Igac. 2017. Mapas físico-políticos: departamento de Chocó. Recuperado de: <http://geoportal.igac.gov.co/mapas>.
- Leal, C. 2009. La compañía minera Chocó Pacífico y el auge del platino en Colombia, 1897-1930. *Historia crítica* Ed. Especial: 150-164.
- Mahecha, G. E. 1997. Fundamentos y metodología para la identificación de plantas. Ministerio del Medio Ambiente, Lerner Ltda, Bogotá, Colombia. 282 pp.
- Poveda-M, C., C. A. Rojas-P., A. Rudas-LI y J. O. Rangel-Ch. 2004. El Chocó biogeográfico: ambiente físico. Pp: 1-22. En: Rangel-Ch., J. O. (Ed.). Colombia diversidad biótica IV, El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica. Universidad Nacional de Colombia-Conservación Internacional, Bogotá, Colombia.
- Ramírez-Moreno, G. y E. Ledezma-Rentería. 2007. Efecto de las actividades socioeconómicas (minería y explotación maderera) sobre los bosques del departamento del Chocó. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó* 26: 58-65.
- Rangel-Ch., J. O. 2004. Amenazas a la biota y a los ecosistemas del Chocó biogeográfico. Pp: 841-866. En: Rangel-Ch., J. O. (Ed.). Colombia diversidad biótica IV, El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica. Universidad Nacional de Colombia-Conservación Internacional, Bogotá, Colombia.
- Rangel-Ch., J. O. y O. Rivera-Díaz. 2004. Diversidad y riqueza de espermatofitos en el Chocó biogeográfico. Pp: 83-104. En: Rangel-Ch., J. O. (Ed.). Colombia diversidad biótica IV, El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica. Universidad Nacional de Colombia-Conservación Internacional, Bogotá, Colombia.
- Rangel-Ch., J. O., O. Rivera-Díaz, D. Giraldo-Cañas, C. Parra-O., J. C. Murillo-A., I. Gil y C. Berg. 2004. Catálogo de espermatofitos en el Chocó biogeográfico. Pp: 105-439. En: Rangel-Ch., J. O. (Ed.). Colombia diversidad biótica IV, El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica. Universidad Nacional de Colombia-Conservación Internacional, Bogotá, Colombia.
- Rodrigues, R. R., S. Venâncio, y L. C. de Barro. 2004. Tropical Rain Forest regeneration in an area degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. *Forest Ecology and Management* 190: 323-333.
- Simberloff, D. y B. Von Holle. 1999. Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? *Biological Invasions* 1: 21-32.
- Valois-Cuesta, H. 2016. Sucesión primaria y ecología de la revegetación de selvas degradadas por minería en el Chocó, Colombia: bases para su restauración ecológica. Tesis de doctorado. Universidad de Valladolid. España, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible. Palencia, España, 199 pp.

Valois-Cuesta, H., C. Martínez-Ruiz, Y. Y. Rentería y S. M. Panesso. 2013. Diversidad, patrones de uso y conservación de palmas (Arecaceae) en bosques pluviales del Chocó, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 61: 1869-1889.

Walker, L. R. y R. Del Moral. 2003. Primary succession and ecosystem rehabilitation. Cambridge University Press. Cambridge. 456 pp.

Anexo 1. Especies pioneras en minas abandonadas en la región del San Juan, Chocó, Colombia. MAG = Montículos de arena y grava, LL = Zonas llanas no inundables, B = zona de transición bosque-mina (borde), DC = Depresiones cenagosas o pantanosas, T = Taludes. Especies con superíndices (1-36) son comunes y pueden verse en el anexo 2.

| Especies | Familias | Forma de vida | Hábitats |
|----------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-------------|
| <i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Raf. | Asteraceae | Herbáceo | MAG |
| <i>Lepidaploa lehmannii</i> (Hieron.) H. Rob. ⁽¹⁾ | Asteraceae | Arbustivo | LL, B |
| <i>Vernonia arborescens</i> (L.) Sw. | Asteraceae | Arbustivo | LL, B |
| <i>Cyclanthus bipartitus</i> Poit. ex A. Rich. | Cyclanthaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Cyperus haspan</i> L. | Cyperaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz. ⁽²⁾ | Cyperaceae | Herbáceo | LL, DC, MAG |
| <i>Cyperus odoratus</i> L. | Cyperaceae | Herbáceo | MAG |
| <i>Cyperus sphacelatus</i> Rottb. | Cyperaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Diplacrum capitatum</i> (Willd.) Boeckeler | Cyperaceae | Herbáceo | MAG |
| <i>Eleocharis filiculmis</i> Kunth ⁽³⁾ | Cyperaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult. ⁽⁴⁾ | Cyperaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl | Cyperaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Fuirena robusta</i> Kunth | Cyperaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Fuirena umbellata</i> Rottb. ⁽⁵⁾ | Cyperaceae | Herbáceo | MAG |
| <i>Rhynchospora corimbosa</i> (L.) Britton | Cyperaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Rhynchospora pubera</i> (Vahl) Boeckeler ⁽⁶⁾ | Cyperaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Rhynchospora</i> sp. ⁷ | Cyperaceae | Herbáceo | LL, MAG |
| <i>Rhynchospora tenerrima</i> Nees ex Spreng ⁽⁸⁾ | Cyperaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Scleria gaertneri</i> Raddi | Cyperaceae | Herbáceo | MAG |
| <i>Scleria robusta</i> Camelb. & Goetgh ⁽⁹⁾ | Cyperaceae | Herbáceo | DC |

Cont. **Anexo 1.** Especies pioneras en minas abandonadas en la región del San Juan, Chocó, Colombia. MAG = Montículos de arena y grava, LL = Zonas llanas no inundables, B = zona de transición bosque-mina (borde), DC = Depresiones cenagosas o pantanosas, T = Taludes. Especies con superíndices (1-36) son comunes y pueden verse en el anexo 2.

| Especies | Familias | Forma de vida | Hábitats |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|---------------|------------|
| <i>Scleria secans</i> (L.) Urb. ⁽¹⁰⁾ | Cyperaceae | Herbáceo | LL, B |
| <i>Hypolepis repens</i> (L.) C. Presl | Dennstaedtiaceae | Herbáceo | B |
| <i>Davilla kunthii</i> A.St.-Hil. | Dilleniaceae | Arbustivo | B |
| <i>Tonina fluviatilis</i> Aubl. | Eriocaulaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Alchornea grandis</i> Benth. | Euphorbiaceae | Arbóreo | B |
| <i>Croton killipianus</i> Croizat ⁽¹¹⁾ | Euphorbiaceae | Arbóreo | B |
| <i>Phyllanthus caroliniensis</i> Walter | Euphorbiaceae | Herbáceo | B, MAG |
| <i>Mimosa pudica</i> L. ⁽¹²⁾ | Fabaceae | Herbáceo | LL |
| <i>Chelonanthus alatus</i> (Aubl.) Pulle ⁽¹³⁾ | Gentianaceae | Herbáceo | LL, T |
| <i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schrad.) Underw. ⁽¹⁴⁾ | Gleicheniaceae | Herbáceo | T |
| <i>Sticherus bifidus</i> (Willd.) Ching ⁽¹⁵⁾ | Gleicheniaceae | Herbáceo | T |
| <i>Vismia baccifera</i> (L.) Planch. & Triana ⁽¹⁶⁾ | Hypericaceae | Arbóreo | LL, B |
| <i>Vismia macrophylla</i> Kunth ⁽¹⁷⁾ | Hypericaceae | Arbóreo | LL, B |
| <i>Hyptis capitata</i> Jacq. | Lamiaceae | Herbáceo | B |
| <i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic. Serm. ⁽¹⁸⁾ | Licopodiaceae | Herbáceo | LL, MAG, T |
| <i>Aciotis polystachya</i> (Bonpl.) Triana | Melastomataceae | Herbáceo | MAG, T |
| <i>Aciotis rubicaulis</i> (Mart. ex DC.) Trana ⁽¹⁹⁾ | Melastomataceae | Herbáceo | MAG, T |
| <i>Acisanthera quadrata</i> Pers. ⁽²⁰⁾ | Melastomataceae | Herbáceo | DC |
| <i>Clidemia capitellata</i> (Bonpl.) D. Don ⁽²¹⁾ | Melastomataceae | Herbáceo | LL, T |
| <i>Clidemia sericea</i> D. Don ⁽²²⁾ | Melastomataceae | Herbáceo | LL |
| <i>Graffenrieda anomala</i> Triana | Melastomataceae | Herbáceo | T |
| <i>Miconia affinis</i> DC. | Melastomataceae | Herbáceo | B |
| <i>Miconia reducens</i> Triana ⁽²³⁾ | Melastomataceae | Herbáceo | B |
| <i>Nepsera aquatica</i> (Aubl.) Naudin ⁽²⁴⁾ | Melastomataceae | Herbáceo | DC |

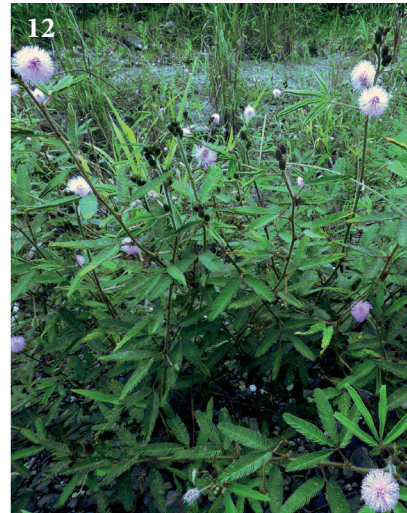
Cont. **Anexo 1.** Especies pioneras en minas abandonadas en la región del San Juan, Chocó, Colombia. MAG = Montículos de arena y grava, LL = Zonas llanas no inundables, B = zona de transición bosque-mina (borde), DC = Depresiones cenagosas o pantanosas, T = Taludes. Especies con superíndices (1-36) son comunes y pueden verse en el anexo 2.

| Especies | Familias | Forma de vida | Habitats |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|----------|
| <i>Tibouchina herbácea</i> (DC.) Cogn. | Melastomataceae | Herbáceo | LL |
| <i>Cespedesia spathulata</i> (Ruiz & Pavon) Planch. ⁽²⁵⁾ | Ochnaceae | Arbóreo | LL, B |
| <i>Sauvagesia erecta</i> L. ⁽²⁶⁾ | Ochnaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Ludwigia decurrens</i> Walter | Onagraceae | Herbáceo | LL, DC |
| <i>Ludwigia hyssopifolia</i> (G. Don) Exell | Onagraceae | Herbáceo | LL, DC |
| <i>Andropogon bicornis</i> L. ⁽²⁷⁾ | Poaceae | Herbáceo | LL, MAG |
| <i>Homolepis aturensis</i> (Kunth) Chase | Poaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Panicum polygonatum</i> Schrad. | Poaceae | Herbáceo | DC |
| <i>Paspalum saccharioides</i> Nees ex Trin. | Poaceae | Herbáceo | MAG |
| <i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link ⁽²⁸⁾ | Pteridaceae | Herbáceo | MAG |
| <i>Coccocypselum hirsutum</i> Bartl. ex DC. ⁽²⁹⁾ | Rubiaceae | Herbáceo | LL, B |
| <i>Isertia pittieri</i> (Standl.) Standl. ⁽³⁰⁾ | Rubiaceae | Arbóreo | LL, B |
| <i>Psychotria cooperi</i> Standl. ⁽³¹⁾ | Rubiaceae | Arbóreo | LL, B |
| <i>Psychotria poeppigiana</i> Mull. Arg. | Rubiaceae | Herbáceo | B |
| <i>Sabicea panamensis</i> Wernham ⁽³²⁾ | Rubiaceae | Herbáceo | B |
| <i>Spermacoce alata</i> Aubl. ⁽³³⁾ | Rubiaceae | Herbáceo | LL, MAG |
| <i>Spermacoce ocymifolia</i> Willd. ex Roem. & Schult. | Rubiaceae | Herbáceo | B |
| <i>Spermacoce prostrata</i> Aubl. | Rubiaceae | Herbáceo | MAG, B |
| <i>Solanum jamaicense</i> Mill. | Solanaceae | Arbustivo | LL |
| <i>Cecropia hispidissima</i> Cuatrec. ⁽³⁴⁾ | Urticaceae | Arbóreo | LL, B |
| <i>Cecropia peltata</i> L. ⁽³⁵⁾ | Urticaceae | Arbóreo | LL, B |
| <i>Xyris jupicai</i> Rich ⁽³⁶⁾ | Xyridaceae | Herbáceo | DC |

Anexo 2. Especies de plantas más comunes en minas de 3-15 años tras el abandono en el San Juan, Chocó, Colombia. Con los números (1-36) se indica el nombre de la especie en el anexo 1.



Cont. **Anexo 2.** Especies de plantas más comunes en minas de 3-15 años tras el abandono en el San Juan, Chocó, Colombia. Con los números (1-36) se indica el nombre de la especie en el anexo 1.



Cont. **Anexo 2.** Especies de plantas más comunes en minas de 3-15 años tras el abandono en el San Juan, Chocó, Colombia. Con los números (1-36) se indica el nombre de la especie en el anexo 1.



Cont. **Anexo 2.** Especies de plantas más comunes en minas de 3-15 años tras el abandono en el San Juan, Chocó, Colombia. Con los números (1-36) se indica el nombre de la especie en el anexo 1.



Hamleth Valois-Cuesta
Programa de Biología, Universidad Tecnológica del Chocó,
Quibdó, Colombia
hamlethvalois@gmail.com

Carolina Martínez-Ruiz
Departamento de Ciencias Agroforestales e
Instituto de Investigación en Gestión Forestal Sostenible UVa-INIA,
Universidad de Valladolid, Palencia, España.
caromar@agro.uva.es

Especies vegetales colonizadoras de áreas perturbadas por
la minería en bosques pluviales del Chocó, Colombia

Citación del artículo: Valois-Cuesta, H. y C. Martínez-Ruiz.
2017. Especies vegetales colonizadoras de áreas perturbadas
por la minería en bosques pluviales del Chocó, Colombia.
Biota Colombiana 18 (1): 88–104. DOI: 10.21068/c2017.
v18n01a7

Recibido: 17 de marzo de 2016
Aprobado: 24 de mayo de 2017