

SERIE DE RESÚMENES DE INVESTIGACIÓN

REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN DE PAISAJES AMAZÓNICOS DEGRADADOS POR MINERÍA: ANÁLISIS DE ESPECIES Y ENMIENDAS

Resumen de Investigación No. 4 | Octubre 2019

Palabras clave: reforestación, restauración ecológico, biocarbón, Madre de Dios



Puntos Clave:

- ⇒ El Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA) ha desarrollado una metodología innovadora y eficaz para la reforestación y restauración de áreas amazónicas degradadas por la minería artesanal de oro.
- ⇒ Se presenta un análisis del reto de restaurar paisajes amazónicos degradados por minería, usando el caso del departamento de Madre de Dios, Perú.
- ⇒ Se presenta conocimiento y datos iniciales generados en 3.5 años de estudios empíricos en áreas mineras de Madre de Dios para determinar la utilidad de 74 especies forestales y el uso de enmiendas como el biocarbón para la reforestación y restauración de paisajes amazónicos altamente degradados por la minería.

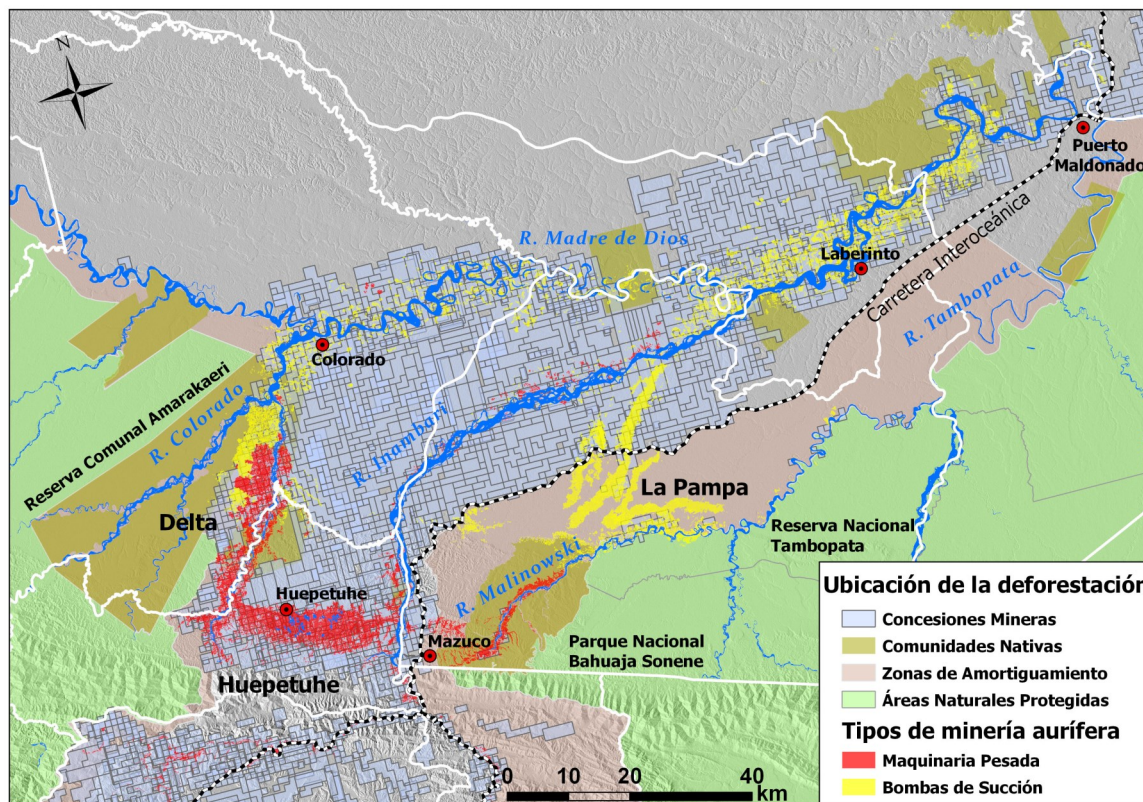


Figura 1 Deforestación por minería de oro en Madre de Dios, Perú, según tipo de minería y ubicación de la deforestación en concesiones mineras (Acumulado 1984-2017). Fuente: CINCIA, 2019

¿DÓNDE RESTAURAR?

El Perú cuenta con más de 6 millones de hectáreas de sitios prioritarios para restauración con una prioridad alta y muy alta en 17 departamentos. Madre de Dios representa el 2.25% con 143,557 ha de áreas prioritarias para restauración¹ categorizadas como alta y muy alta.

La minería aurífera aluvial es una amenaza importante para la conservación de los bosques tropicales y actualmente es uno de los principales impulsores de la deforestación². De acuerdo al estudio realizado por Caballero et al (2018) se han identificado aproximadamente 100,000 ha de deforestación debido a la actividad minera en la región en un periodo de tiempo de 34 años³.

Desde hace más de 40 años se explotan yacimientos auríferos aluviales bajo los siguientes métodos: a) artesanales con carretillas e implementos muy simples; b) extracción con motobombas y chupaderas en los suelos y dentro de los bosques; c) extracción

con diversos tipos de dragas en los lechos de los ríos y d) extracción con maquinaria pesada (volquetes y cargadores frontales)⁴.

CINCIA ha agrupado los tipos de minería aurífera en dos, los que incluyen el uso maquinaria pesada (chute y cargador frontal) y bombas de succión (chupadera y traca)⁵ como se muestra en el mapa de deforestación por minería elaborado por CINCIA.

En este contexto el programa de reforestación y restauración de CINCIA está realizando trabajos de investigación en restauración ecológica en 4 distritos de la región Madre De Dios; Huepetuhe, Inambari, Laberinto y Tambopata⁶. Además se han realizado trabajos de caracterización de áreas degradadas por minería con drones en el distrito de Camanti, provincia de Quispichan, región Cusco.

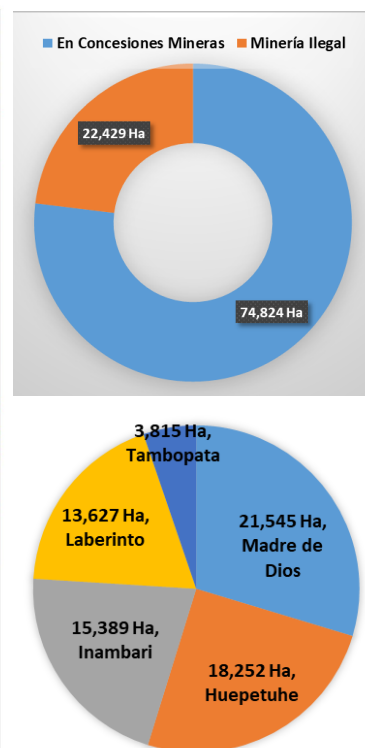


Figura 2 Arri. Superficie de deforestación por minería ilegal y en concesiones mineras. Abaj. Superficie de deforestación por minería por distritos.

¹Román F., et al. 2018. Orientaciones para la restauración de ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre. SERFOR. Lima, Perú. 108 pp. ²Initiative 20x20. Sin fecha. CINCIA. Recuperado de <http://initiative20x20.org/partners/cincia>. ³Caballero, J. et al. 2018. Deforestation and forest degradation due to gold mining in the Peruvian amazon: a 34 year perspective. Remote sensing. 2018, 10, 1903. ⁴MINAM, 2011. Minería aurífera en Madre de Dios y contaminación con mercurio. Una bomba de tiempo. Informe. IAP y MINAM. Lima-Perú. 105pp. ⁵MINAM, GIZ. 2014. Manual de buenas prácticas en minería aurífera aluvial para facilitar una adecuada recuperación de áreas. Dirección General de Calidad. Cooperación Alemana. Programa ProAmbiente. 27pp. ⁶CINCIA. Sin fecha. Donde trabajamos. Recuperado de <http://cincia.wfu.edu/donde-trabajamos/>.

		Categorías de degradación de suelos en minería aurífera aluvial		
	Bosque de referencia	Regeneración natural (situada en montículos de cascajo)	Montículos de cascajo sin vegetación	Suelo desnudo
Mercurio Hg (mg/kg)	0.10 ± 0.05 a	0.04 ± 0.02 b	0.03 ± 0.02 b	0.02 ± 0.01 b
pH	4.84 ± 0.39 a	4.90 ± 0.63 ab	5.34 ± 0.49 bc	5.49 ± 0.58 c
Materia Orgánica (%)	2.99 ± 1.85 a	1.92 ± 1.26 ab	1.25 ± 1.05 bc	0.22 ± 0.19 c
Capacidad de Intercambio Catiónico (Cmol/kg)	17.42 ± 5.17 a	12.38 ± 4.80 b	10.67 ± 3.86 b	6.39 ± 2.54 c
Arena (%)	59.95 ± 16.74 a	64.72 ± 23.47 a	65.40 ± 17.79 a	87.13 ± 12.34 b
Arcilla (%)	13.59 ± 6.44 a	10.90 ± 5.30 a	13.76 ± 6.48 a	7.54 ± 8.19 a
Limo (%)	26.47 ± 13.85 a	24.38 ± 20.25 a	20.84 ± 12.27 a	5.33 ± 5.11 b

Figura 3: Análisis de suelos en parcelas de 1 año de antigüedad. Fuente: CINCIA 2018

¿CUÁLES SON LAS CATEGORÍAS DE DEGRADACIÓN?

Existen diferentes categorías de degradación del suelo, dependiendo del tipo de método de extracción utilizado. Las siguientes imágenes de dos sitios de plantaciones de CINCIA describen esta realidad.



Figura 4: Concesión minera Paolita II, bombas de succión. Foto de J. Alférez, 2016

Formación de montículos de cascajo, suelo desnudo, regeneración natural y pozos artificiales, es el resultado del trabajo con bombas de succión. Por otro lado las categorías de degradación con maquinaria pesada son: formación de pozos artificiales, suelo desnudo, desmonte (materia orgánica), montículos de cascajo y botaderos (acumulación de piedras), como se muestra en la figura 4. Estos son los paisajes característicos que se encuentran en áreas degradadas por minería aurífera aluvial.

Los resultados preliminares de parcelas experimentales con 1 año de

antigüedad muestran diferencias significativas entre los bosques de referencia y las áreas degradadas por minería, esto se observa en la figura 3 donde la concentración de mercurio es 5 veces mayor en el bosque de referencia que en los suelos desnudos. Esto se corrobora con el estudio de Van Der Smisen (2018) cuyos resultados indican niveles mas bajos en suelo desnudo que en suelos forestales.



Figura 5: Huepetuhe, maquinaria pesada. Foto CINCIA, 2017

A pesar de que no se ha encontrado niveles altos de mercurio en las áreas estudiadas, no se puede descartar la posibilidad de existencia de *hotspots* de mercurio en áreas mineras debido a la alta cantidad de mercurio arrojado al ambiente.

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo del Ministerio del Ambiente, el nivel de mercurio en suelo agrícola deber ser menor de 6.6 mg/kg PS. Los niveles encontrados en el bosque de referencia o suelo desnudo están por debajo del ECA para suelo establecido por el MINAM.

⁷ Van Der Smisen, A. 2018. Mercury levels in soils of areas degraded by artesanal and small-scale gold mining in the peruvian amazon. CINCIA, programa mercurio. 66pp.

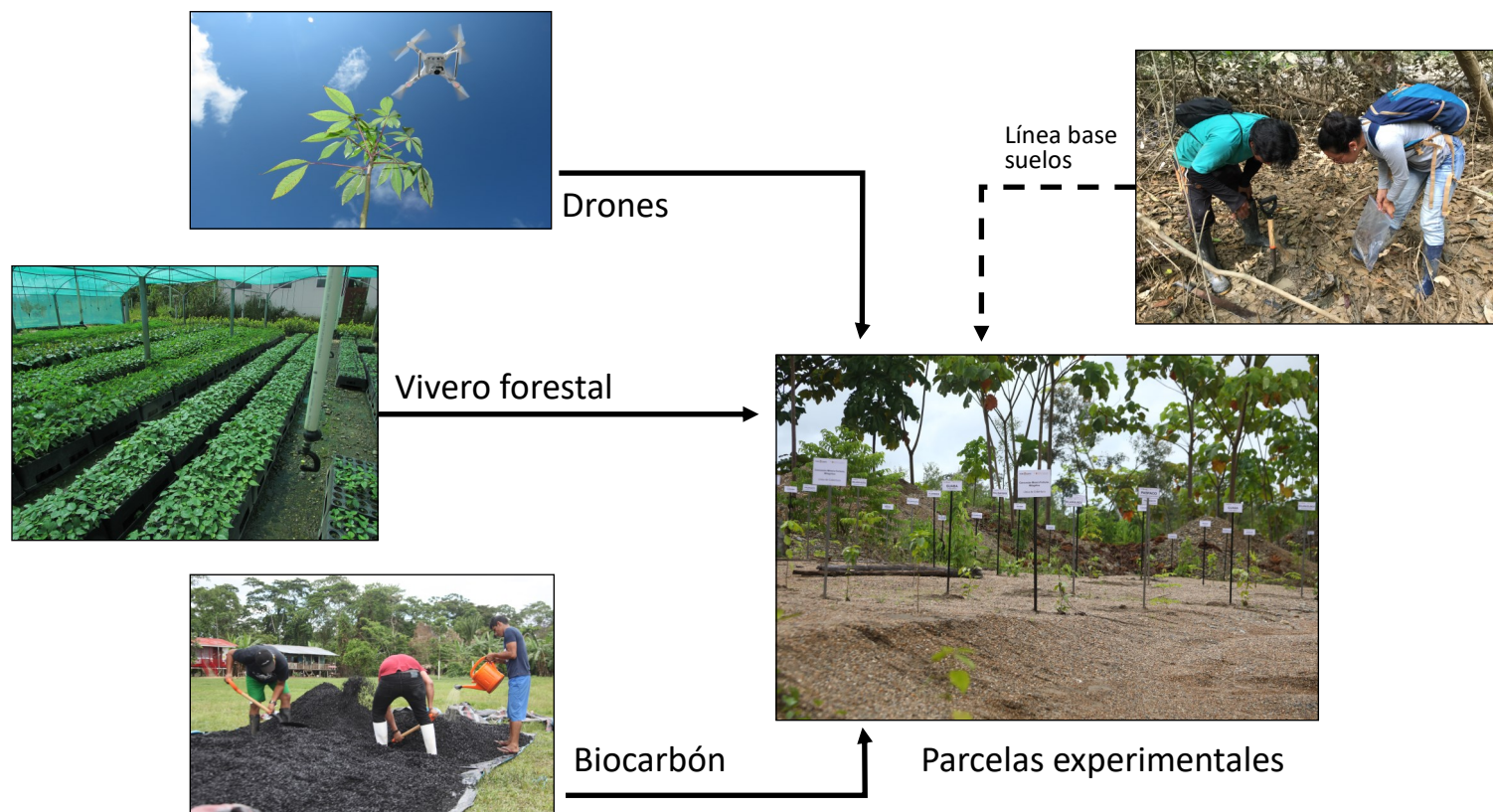


Figura 6: Componentes del Programa de reforestación y restauración de áreas degradadas por minería. Fuente: CINCIA, 2018

¿CÓMO RESTAURAR?

De acuerdo al documento “Orientaciones para la restauración de ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vida silvestre”⁸, las opciones para restaurar deben tener en consideración 3 puntos: la resiliencia del ecosistema, el historial de disturbios y el contexto de paisaje.

La metodología desarrollada por CINCIA, considera 4 componentes fundamentales para su implementación: a) caracterización de áreas degradadas por minería con drones; b) producción y uso de biocarbón como enmienda para mejorar suelos en áreas degradadas; c) Establecimiento de viveros forestales y producción de plantas y d) Instalación, manejo y mantenimiento de plantaciones de reforestación y restauración ecológica.

Cada componente se puede manejar independientemente como un proyecto individual o subprograma sin embargo todos convergen en un punto central: la instalación de plantaciones de reforestación y restauración ecológica. Este proceso de restauración ecológica implementado por CINCIA se muestra en un flujograma

resumido y presentado a continuación (fig 7).



Figura 7: Flujograma resumido del Programa de reforestación y restauración de áreas degradadas por minería. Fuente: CINCIA, 2018

⁸ Román F. et al, 2018. Orientaciones para la restauración de ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vida silvestre. SERFOR. Lima, 108pp.

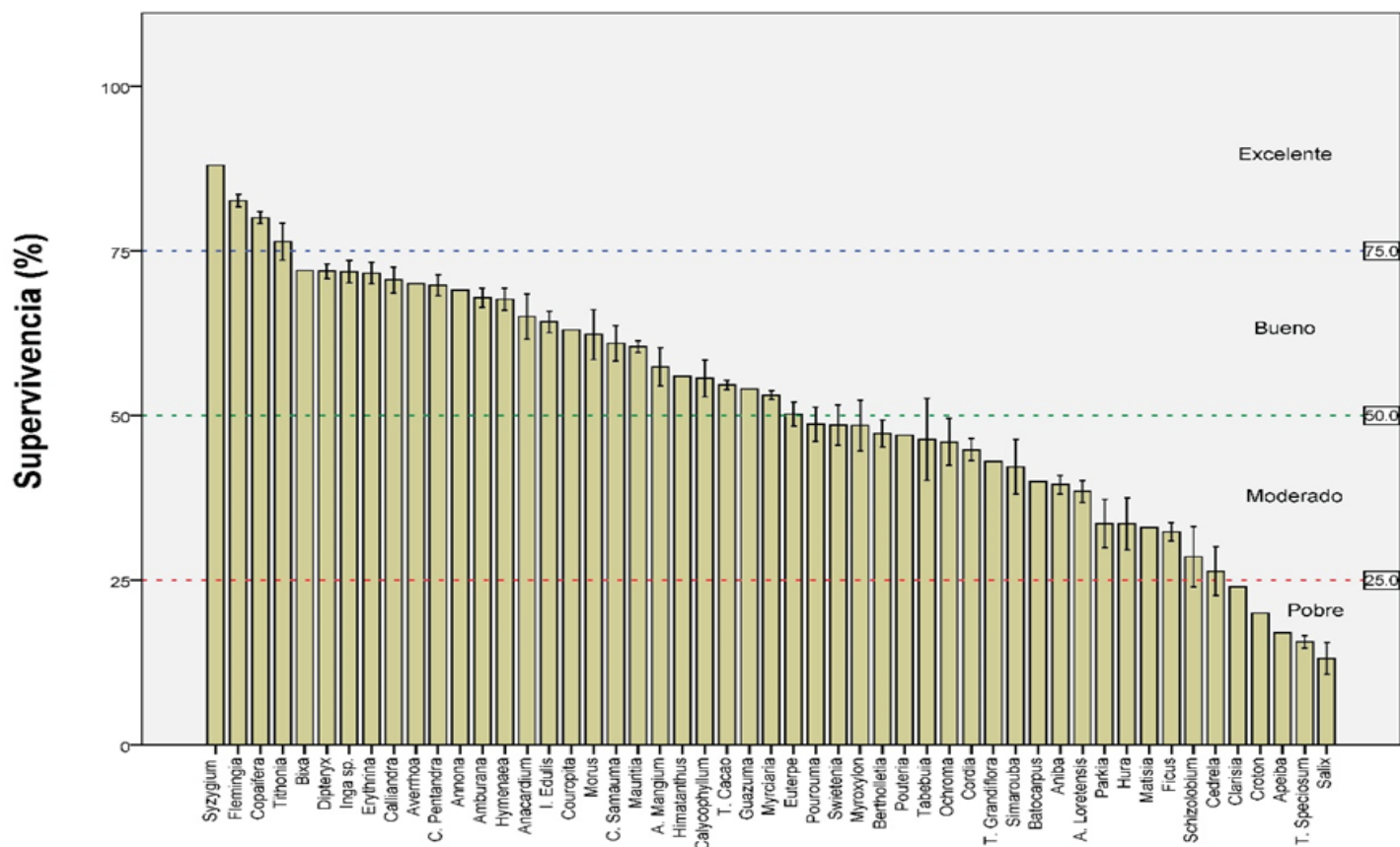


Figura 8: Resultados de supervivencia en parcelas experimentales de 1 año de antigüedad. Fuente: CINCIA, 2019

¿CON QUÉ ESPECIES RESTAURAR?

Actualmente CINCIA cuenta con una red de parcelas experimentales que cubren una superficie de 42.5 hectáreas, dentro de 4 distritos, en concesiones mineras, Comunidades Nativas, predios agrícolas y al interior de un Área Natural Protegida. Estas parcelas experimentales se encuentran distribuidas en 19 sitios de plantaciones en los que trabaja CINCIA⁹. A la fecha se han trabajado con 74 especies y se han plantado 45,500 individuos.

Para este primer año, se realizó una evaluación de 6,734 individuos de 51 especies forestales en cinco sitios diferentes, cubriendo un área de 7.5 Ha. En la figura 8 se muestran los resultados de supervivencia de las 51 especies mencionadas. De acuerdo a las categorías de desarrollo definidas por Elliot et al¹⁰ para especies idóneas en programas de restauración, las especies *Syzygium malaccense* "Poma rosa", *Flemingia macrophylla* "Flemingia", *Copaifera* sp., "Copaiba" y *Tithonia diversiflora* "Girasol" alcanzaron la categoría "excelente" con una supervivencia mayor al 75%. Con la categoría "buena", entre 50% y 75% de supervivencia, se tienen 23 especies: *Bixa orellana* "Achiote", *Dipteryx micrantha* "Shihuahuaco", *Inga* sp. "Shimbillo", *Erythrina ulei* "Amasisa", *Calliandra angustifolia* "Bobinsana", *Averrhoa carambola* "Carambola", *Ceiba* pen-

tandra "Huimba", *Annona muricata* "Guanábana", *Amburana cearensis* "Ishpingo", *Hymenaea courbaril* "Azucar huayo", *Anacardium occidentale* "Marañón", *Inga edulis* "Guaba", *Couroupita guianensis* "Couroupita", *Morus nigra* "Mora", *Ceiba samauma*, *Mauritia flexuosa* "Aguaje", *Acacia mangium* "Mangium", *Himatanthus succuba* "Bellaco caspi", *Calycohyllum spruceanum* "Capirona", *Theobroma cacao* "Cacao", *Guazuma crinita* "Bolaina" y *Myrciaria dubia* "Camu camu".

Estos resultados preliminares corresponden a la evaluación en los sitios de plantaciones ubicados en los distritos de Labrinto e Inambari.

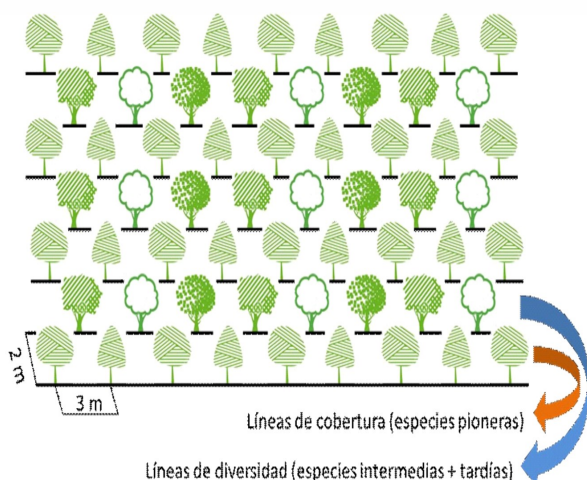
Es importante señalar que las especies mencionadas a pesar de tener la mayor respuesta en supervivencia, no son necesariamente las que presentan los mejores resultados en crecimiento en diámetro y altura. Es importante determinar ciertas condiciones como objetivo de la plantación, ubicación, especies predominantes en la zona, tipo de impacto, etc. para establecer un factor que determine el criterio de especies a seleccionar para establecer plantaciones para restauración de áreas degradadas por minería.

⁹ CINCIA. Sin fecha. Reforestación. Recuperado de <http://cincia.wfu.edu/investigacion/#section-reforestacion>.

¹⁰ Elliot, S. et al, 2003. Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. For. Ecol. Manage. 184: 177-191.

MODELOS DE RESTAURACIÓN

MODELO ECOLÓGICO DENTRO DE ANP'S



MODELO SOCIOECONÓMICO FUERA DE ANP'S

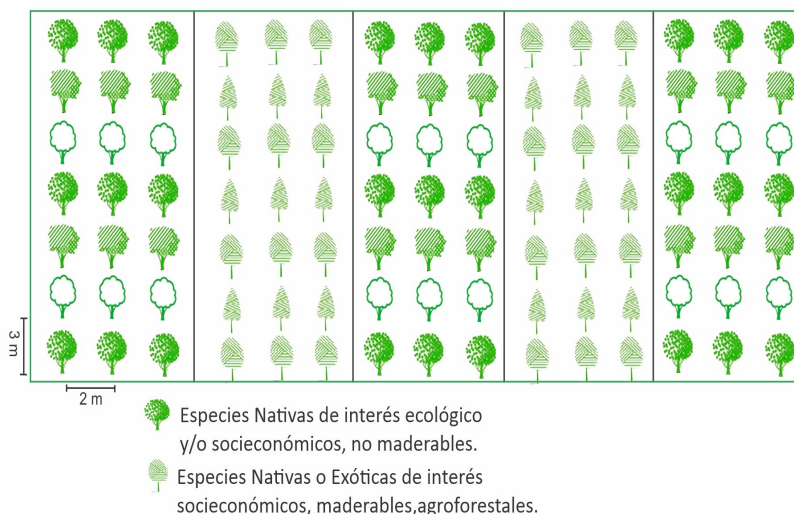


Figura 9: Modelos de restauración ecológica dentro y fuera de áreas naturales protegidas Fuente: Adaptación de Rodrigues et al, 2009.

¿QUÉ MODELOS DE RESTAURACIÓN USAR?

Desde el año 2016, CINCIA viene desarrollando un diseño de plantaciones forestales experimental en macizo en áreas degradadas por minería ubicados en lugares estratégicos a lo largo de la región. En cada parcela experimental se trabaja, en promedio, con 30 especies forestales distintas, cada una con una importancia particular, vinculada a su valor comercial, importancia ecológica, generación de biomasa, rápido crecimiento, entre otros aspectos.

Unos de los objetivos de CINCIA es proponer modelos de restauración ecológica adecuados y replicables a escala de paisaje para distintos usos del suelo con un enfoque mayoritario en áreas degradadas por minería que es uno de los principales detonantes de la deforestación en la región.

En este contexto, en el sector, Puesto de control y vigilancia Azul, de la Reserva Nacional Tambopata, se implementó el modelo de restauración ecológica dentro de Áreas Naturales Protegidas (ANP) denominado "líneas de cobertura y líneas de diversidad"¹¹. A su vez, CINCIA cuenta con 2 sitios en las concesiones mineras Paolita II y Fortumil, en el distrito de Laberinto, establecidos por la ONG Pure Earth e incluidas posteriormente en la red de parcelas experimentales. En estos 2 sitios se adoptó el mismo modelo de restauración ecológica dentro de

ANP's pero como parte del cierre de minas. En el sector Santa Rita se utilizó el modelo socioeconómico fuera de ANP's, como se muestra en la figura 4. Estos modelos buscan responder a los distintos escenarios encontrados en áreas degradadas por minería en la región.

Los resultados preliminares de las parcelas experimentales con Pure Earth a la fecha son alentadores, debido a que se cuenta con especies identificadas con buenos resultados de desarrollo bajo el modelo de restauración ecológica mencionado y generan los primeros alcances de especies a utilizar según el objetivo y condiciones de la zona degradada.

En este sentido el equipo técnico del CINCIA ha identificado especies que pueden ser recomendadas para cobertura como *Schizolobium parahyba* "Pashaco blanco", *Jacaranda copaia* "Achiagua", *Hura crepitans* "Catahua", *Cecropia sp.* "Cetico", *Tithonia diversifolia* "Girasol" y *Calliandra angustifolia* "Bobinsana", y especies para diversidad como *Dipteryx micrantha* "Shihuahuaco", *Genipa americana* "Huito", *Copaiba officinalis* "Copaiba", *Hymenaea oblongifolia* "Ázucar huayo", *Erythrina ulei* "Amasisa" y *Ceiba pentandra* "Lúpuna".

¹¹ Rodrigues, R., Lima, R., Gandolfi, S., Nave, A. 2009. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. Biological Conservation 142 (2009), 1242 – 1251

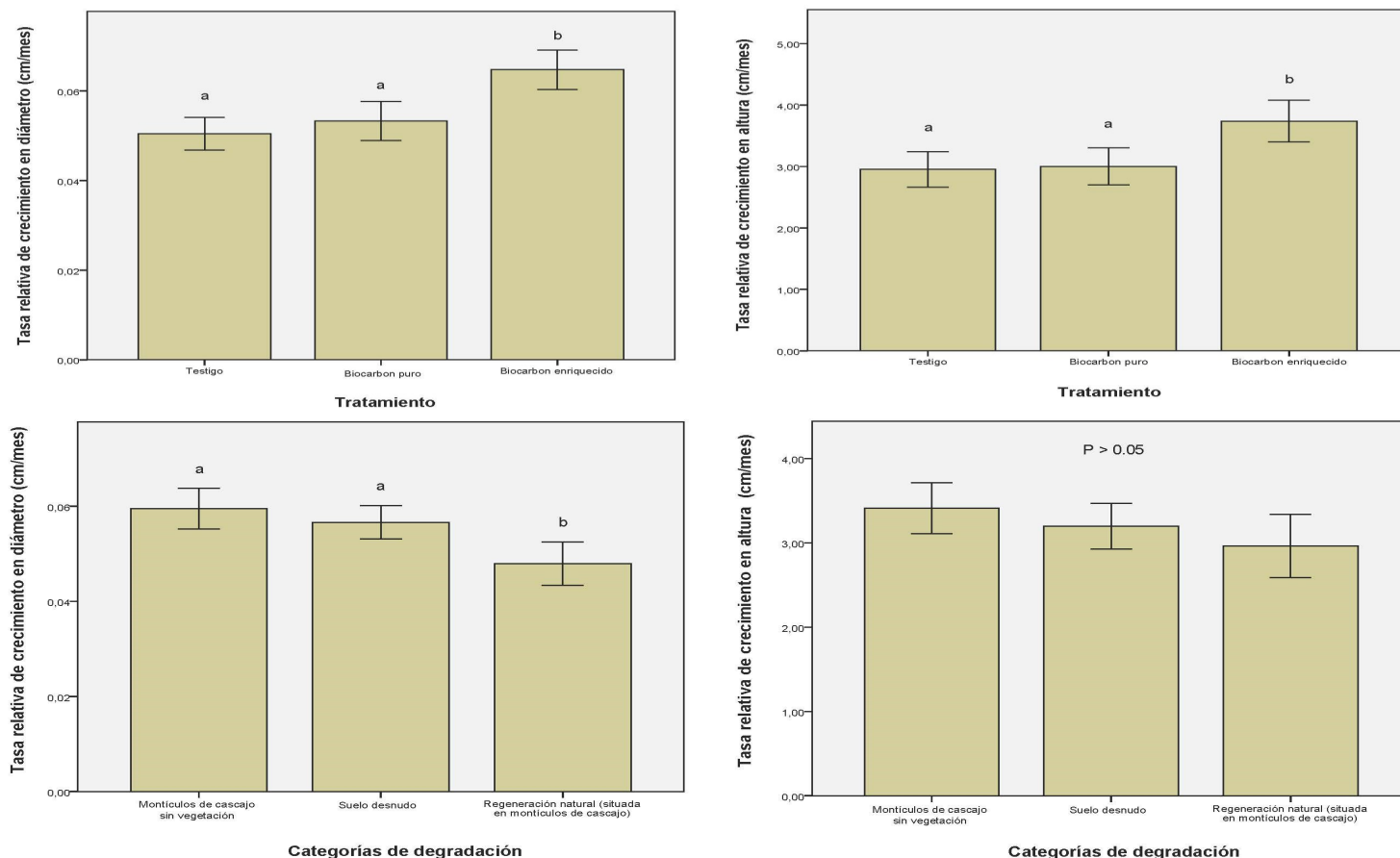


Figura 10: Resultados de crecimiento en diámetro y altura en parcelas experimentales de 1 año de antigüedad por tratamiento y categoría de degradación. Fuente: CINCIA, 2019

¿QUÉ ENMIENDAS APLICAR AL SUELO?

A través del programa de biocarbón, CINCIA trabaja en la producción y uso de dicha enmienda para mejorar la calidad de los suelos en áreas degradadas por minería. Actualmente, se tiene una importante evidencia en cuanto al potencial del biocarbón con resultados positivos en el aumento de los nutrientes y la capacidad de retención de agua, la mejora de la acidez y la estimulación de la diversidad y funciones microbianas del suelo¹².

Al respecto se vienen realizando estudios sobre los efectos del uso de biocarbón en el desarrollo de los plantones forestales, a través de 3 tratamientos en los sitios de plantaciones en el campo. Los tratamientos utilizados en las parcelas experimentales son los siguientes: a) control (sin biocarbón), b) biocarbón puro y c) biocarbón enriquecido (biol, NPK 20.20.20, EM).

Así mismo, las tasas relativas de crecimiento en diámetro y altura son significativamente mayores en tratamientos con biocarbón enriquecido y en montículos de cascajo sin vegetación como se muestra en la figura 10.

En ese sentido se ha observado que luego de 1 año de desarrollo, las cuatro especies con mayor crecimiento en diámetro son las de los géneros *Erythrina*, *Calliandra*, *Inga* y *Acacia*, todas leguminosas con potencial para cubrir rápidamente el suelo degradado y para acumular biomasa.

De igual manera, después del mismo periodo de tiempo, se ha observado que las especies con mayor crecimiento en altura que generan mayor cobertura para el suelo degradado son *Tithonia*, *Flemingia*, *Erythrina*, *Salix* y *Calliandra*, especies más atractivas para los dispersadores de semillas y animales frugívoros son: *Inga*, *Syzygium*, *Morus*, *Apeiba* y *Ochroma*; y que las especies maderables con mayor crecimiento son: *Croton*, *Ceiba*, *Calycophyllum*.

Estos son algunos resultados preliminares que se están generando en el Programa de reforestación y restauración de áreas degradadas por minería de CINCIA. Esta información será profundizada en futuros documentos técnicos y científicos.

¹² CINCIA. Sin fecha. Biocarbon. Recuperado de <http://cincia.wfu.edu/investigacion/#biocarbon-quebuscamos>.

SERIE DE RESUMENES DE INVESTIGACIÓN

Los resúmenes de investigación de CINCIA contienen análisis, resultados y recomendaciones de investigación preliminares. Se distribuyen para estimular el debate oportuno y la retroalimentación crítica, y para influir en el debate en curso sobre cuestiones emergentes. El contenido de los resúmenes de investigación puede ser revisado y eventualmente publicarse en otros formatos.



AUTORES

France Cabanillas M.Sc. en gestión ambiental con experiencia en restauración de áreas degradadas por minería en Amazonía, es el coordinador del programa de reforestación y restauración de CINCIA.

Francisco Román es ecólogo forestal, especialista de restauración y asesor científico de CINCIA.

Miles R. Silman es profesor Sabin de biología de conservación en Wake Forest University, director del Center for Energy, Environment, and Sustainability de Wake Forest University y director asociado de investigación de científico de CINCIA.

Luis E. Fernandez es director ejecutivo de CINCIA, profesor de investigación en la facultad de biología en Wake Forest University y director del Carnegie Amazon Mercury Project (CAMEP) de la Institución Carnegie para la Ciencia en Stanford University.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a las siguientes personas por sus contribuciones y/o asistencia para la realización de esta investigación: Jhon Farfán, Jesús Alferez, Massiel Cueto, Edith Condori, Karina Salas, César Ascorra, Ronald Corvera, Manuel Álvarez, Martin Pillaca, Jorge Caballero, Pedro Ynfantes, Julissa Barrios, Larry Huarcapuma, Luis Llerena.

CENTRO DE INNOVACION CIENTIFICA AMAZONICA

El Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA) fue creado en 2016 por la Universidad de Wake Forest con el objetivo de generar capacidad científica para identificar, recuperar y mitigar las amenazas a los ecosistemas, la biodiversidad y la salud en Madre de Dios. CINCIA apunta a fortalecer la capacidad de investigación y mejorar la aplicación de los conocimientos científicos.

SOCIOS DE INVESTIGACIÓN

Fondo Mundial para la Naturaleza—WWF

Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana—IIAP

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios—UNAMAD

Wake Forest University Center for Energy, Environment, and Sustainability—WFU CEES

EXONERACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo del Pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Wake Forest University y el Centro de Innovación Científica Amazónica. Las opiniones aquí expresadas son las de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de USAID ni del Gobierno de los Estados Unidos, ni del resto de instituciones que contribuyeron con esta publicación.

CINCIA | CENTRO DE INNOVACIÓN CIENTÍFICA AMAZÓNICA es una iniciativa conjunta de:



Copyright 2018 Centro de Innovación Científica Amazónica. Este trabajo está licenciado bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivative 4.0. Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

