

SERIE DE NOTAS TÉCNICAS

METODOLOGÍA DE REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN DE PAISAJES AMAZÓNICOS DEGRADADOS POR MINERÍA: ANÁLISIS DE COSTOS

Nota Técnica No. 2 | Octubre 2019

Palabras clave: reforestación, restauración ecológica, biocarbón, drones



Puntos Clave:

- ⇒ Se presenta un análisis de costos de una nueva metodología de reforestación y restauración ecológica usando 60 especies en 42.5 ha de parcelas experimentales en la región amazónica de Madre de Dios, Perú.
- ⇒ Este análisis es el primer estudio sobre costos de restauración ecológica en áreas degradadas por minería en Madre de Dios, y proporciona información útil para la toma de decisiones y planificación de proyectos de restauración en paisajes amazónicos degradados.

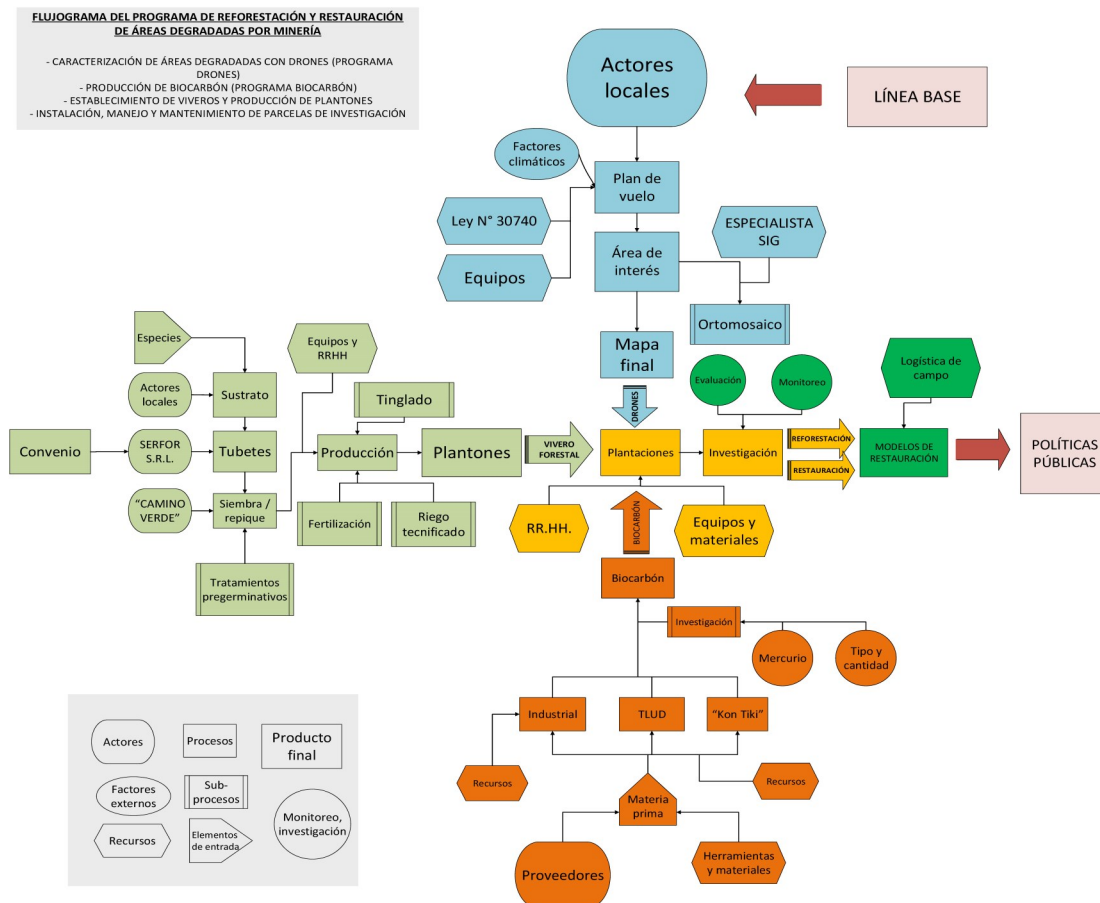


Figura 1: Flujograma de la metodología CINCIA para la reforestación y restauración de áreas degradadas por minería

INTRODUCCIÓN

La reforestación de paisajes degradados por minería aurífera artesanal es uno de los retos más difíciles en la región amazónica. La minería causa deforestación, degradación de suelos, pérdida de biodiversidad y contaminación por mercurio. Debido al crecimiento de esta actividad, hay una necesidad de metodologías para reforestar y restaurar áreas degradadas en los países amazónicos.

El Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA) es un centro de investigación que genera metodologías innovativas para la recuperación de áreas degradadas por minería. CINCIA ha generado conocimiento a través de el establecimiento de uno de los mayores experimentos de reforestación donde fueron empleadas más de 60 especies forestales en una red de 19 parcelas experimentales con un área total de 42.5 hectáreas. Fueron probados diferentes tratamientos para suelos degradados, tecnologías de

vanguardia—drones y análisis satelitales—para desarrollar una metodología innovativa, eficaz y costo eficiente para reforestar áreas degradadas por minería. CINCIA ha diseñado e implementado metodologías innovadoras adaptadas para la aplicación en distintas realidades, según el grado de impacto y tipo de minería.

Los cuatro componentes principales del modelo, son: 1) uso de drones para caracterización, b) producción de biocarbón, c) vivero tecnificado y d) plantaciones de reforestación y restauración ecológica. El flujograma (fig. 1) muestra los procesos, subprocesos, actores directos e indirectos, recursos necesarios, factores externos así como las actividades complementarias, la línea de base preliminar y el producto final.

En esta nota técnica se presentan los costos por componente principal, se estima los costos por hectárea, y además se muestran los procesos que requieren una mayor inversión.



Figura 2: Mapa para la reforestación de una parcela degradada, MDD.

COMPONENTE 1: DRONES

El primer paso de la Metodología CINCIA consiste en realizar la caracterización de un área de interés previamente identificada con uso de equipos aéreo no tripulados o drones. El uso de drones permite minimizar el desplazamiento en campo, tener una visión más amplia del terreno, realizar una microzonificación del área a intervenir y elaborar los diseños para los trabajos de reforestación plasmados en un mapa de planificación, reduciendo de esta forma tiempo y costos. Los costos de esta primera etapa se muestran en la tabla 1.

El concepto campo implica las gestiones para la realización del sobrevuelo del área de interés para lo cual se requiere de dos personas, un piloto certificado y un piloto asistente, ambos capacitados en el uso de drones. La logística de campo se resume en los gastos de traslado, vehículos, combustibles, peajes y personal de apoyo para 19 sitios de plantaciones establecidos por CINCIA.

El trabajo de gabinete se refiere al trabajo del especialista GIS para la elaboración de imágenes ortomosaicos y microzonificación del área de interés e incluye todo el equipo necesario

Concepto	Partidas	C. Fijo / C. Variable	Costo total	Costo/ha
Campo	Personal	CF	\$885.49	\$33.16
	Equipos	CF		
	Logística	CV		
Gabinete	Personal	CV	\$318.94	\$196.38
	Equipos	CF	\$4,924.47	
Mapa final	Personal	CV	\$196.86	\$7.37
Total			\$6,325.76	\$236.92

Tabla 1: Costos del programa de drones (42.5 ha).

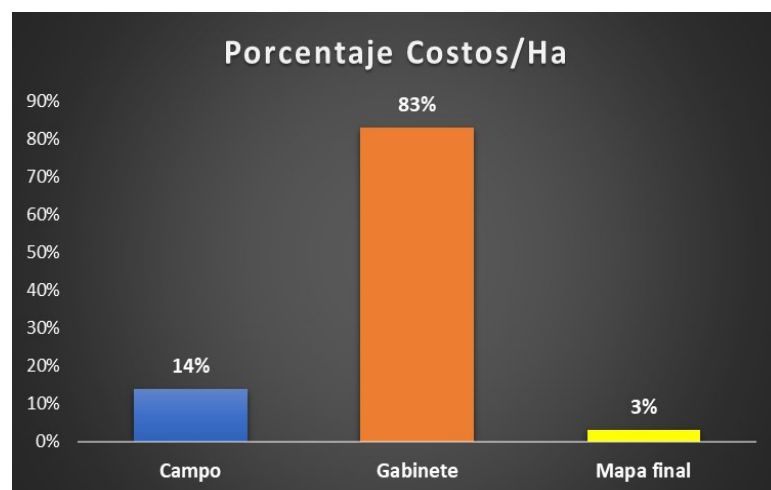


Figura 3: Diagrama de costos del programa de drones.

(hardware y software) para este trabajo especializado. El equipo (hardware y software) mencionado representan un costo fijo elevado, sin embargo se pueden utilizar equipos más baratos para cubrir esta partida o contratar un servicio de caracterización dependiendo de varios factores como los fondos disponibles, la extensión del área a cubrir, disponibilidad de equipos, etc.

El mapa en figura 2 muestra la planificación del trabajo de reforestación que presenta en este caso el ortomosaico con el sector donde se instala la parcela experimental, el área, las categorías de degradación, y número de plantas requeridas por clase.

Finalmente los costos para este componente se muestran en la tabla 1 y ascienden a un monto de \$236.92 por hectárea representando el trabajo de gabinete un 83% de este monto total por hectárea.



Foto 1: Personal aplicando biocarbón en campo .

COMPONENTE 2: BIOCARBÓN

El biocarbón (o *biochar* en inglés) es una enmienda producida de los residuos de la cáscara de castaña, aserrín de madera, cáscara de cacao entre otros residuos orgánicos y es utilizada para mejorar la retención de humedad, disponibilidad de nutrientes y microorganismos para mejorar las condiciones de suelos altamente degradados por minería.

Uno de los fines del componente Biocarbón es la generación de conocimiento científico que permita dar un alcance de los tratamientos necesarios aplicables a las distintas clases o categorías de degradación.

Para la producción de biocarbón, CINCIA utiliza una batería de pirolizadores tipo TLUD (Top-Lit Up-Draft) de un diseño elaborado por CINCIA que produce biocarbón de muy alta calidad con bajo costos.

Concepto	Partidas	C. Fijo / C. Variable	Costo total	Costo /ha
Material vegetal	Personal	CF	\$4,479.81	\$167.78
	Equipos	CV		
	Logística	CF		
Producción	Personal	CF	\$561.93	\$21.05
	Equipos	CF		
Traslado	Logística y personal	CV	\$3,206.95	\$120.11
Biocarbón puro	Logística y personal	CV	\$2,898.79	\$108.57
Biocarbón enriquecido		CV	\$3,228.10	\$120.90
Total biocarbón puro		-	\$11,123.31	\$417.51
Total biocarbón enriquecido		-	\$11,476.79	\$429.84
TOTAL			\$14,375.58	\$538.41

Tabla 2: Costos del componente biocarbón.

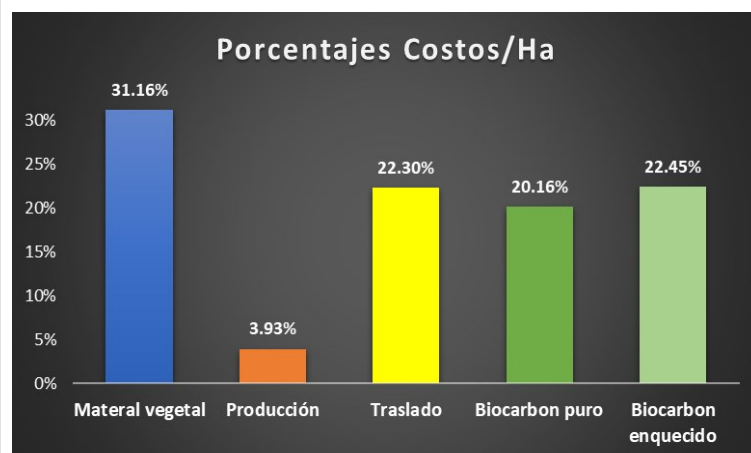


Figura 4: Diagrama de costos del programa biocarbón.

Los costos para este componente se resumen en la tabla 2 y se dividen en material vegetal (materia prima), producción, traslado, biocarbón puro y biocarbón enriquecido con un fertilizante orgánico.

Como se observa en la figura 4, el concepto material vegetal es el que implica mayores costos, para lo cual se requieren dos personas de apoyo, un servicio de traslado con un camión y los equipos que incluyen herramientas, materiales, todos usados en este momento así como durante la producción, traslado y aplicación del biocarbón en campo definitivo.

Los costos de traslado y aplicación de biocarbón puro y enriquecido son similares como se observa en la figura 4. El costo total por hectárea de este componente para biocarbón puro es de \$417.51, con biocarbón enriquecido es de \$429.84.



Foto 2: Tubete con plantón de achiote (*Bixa orellana*) Fuente: CINCIA, 2018.

COMPONENTE 3: VIVERO TECNIFICADO

Los viveros forestales son el punto de partida de un cambio necesario para revertir la degradación de los recursos naturales y mejorar la calidad de vida de la población. A través del presente proyecto se aportó en la implementación y manejo de un vivero tecnificado en convenio con la Municipalidad de Inambari. El vivero cuenta con un sistema de producción en contenedores de polipropileno reciclable (tubetes), con un sistema de riego tecnificado por aspersión, y un pozo tubular para el suministro constante de agua.

El presente análisis de costos para este componente se ha estimado sobre la base de la implementación de una infraestructura para la producción por campaña de 20 mil plantones, en la tabla 3 se muestra las partidas analizadas como: implementación y construcción, sustrato, tubetes, siembra y/o repique y producción de plantones.

Concepto	Partidas	C. Fijo / C. Variable	Costo total	Costo/ha
Implementación y construcción (por campaña)	Contratista	CF	\$9,428.11	\$353.11
	Terreno	CF		
	Equipos	CV		
	Pozo	CF		
	Construcción	CF		
Sustrato	Compra	CF	\$263.29	\$9.86
	Sacos	CF		
	Personal	CF		
Tubetes	Personal	CF	\$181.27	\$6.79
Siembra y/o repique	Personal	CF	\$987.92	\$37.00
	Logística	CV		
Producción de plantones	Personal	CF	\$3,141.99	\$117.68
Total			\$14,013.46	\$524.44

Tabla 3: Costos de implementación y labores en el vivero tecnificado. Fuente: CINCIA, 2018.

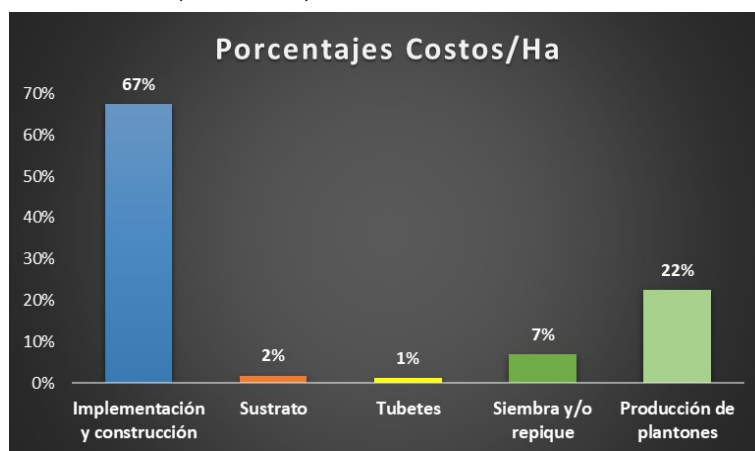


Figura 5: Diagrama de costos del vivero tecnificado. Fuente: CINCIA, 2018.

La implementación implica la limpieza y adecuación del terreno para la construcción, el equipamiento para inicio de la producción. Los siguientes costos una vez implementado el vivero consiste en la adquisición de sustratos e insumos, contratación de personal técnico para el llenado de tubetes, siembra y/o repique y logística para el traslado del material vegetal.

Es este sentido de acuerdo a la tabla 3 el costo total por hectárea (para una producción de 1100 plantones / ha en parcelas experimentales) de este componente es de \$ 524.44, notándose que el 67% corresponde al proceso de implementación y construcción del vivero y el 33% a las actividades de producción en el vivero forestal (preparación de sustrato, llenado de tubetes, siembra y/o repique y producción de plantones) tal como se muestra en la figura 5.



Foto 3: Trabajos de reforestación Fuente: CINCIA, 2018.

COMPONENTE 4: PLANTACIONES DE REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Para la instalación de las parcelas experimentales es clave el uso del mapa obtenido durante el proceso de caracterización de áreas degradadas por minería con drones, así como el uso del biocarbón y plantas producidas en el vivero forestal tecnificado. Estos tres componentes trabajados en paralelo se unen en este paso, cerrando la metodología implementada por CIN-CIA.

Los costos de plantación, se resumen en la tabla 4 en un único concepto denominado instalación de parcelas experimentales.

Los montos específicos de maquinaria, solo llegan a \$2.26 / ha, un monto relativamente bajo debido a que no en todos los sitios se pudo contar con maquinaria pesada, en algunos casos por la falta de acceso y otras por las condiciones del terreno para la implementación de la parcela. El costo de equipos fue de \$156.39 / ha que representa las herramientas, equipo de protección personal, uniformes, carpas, colchones, entre otros.

Concepto	Partidas	C. Fijo / C. Variable	Costo total	Costo/ha
Instalación de parcelas experimentales	Maquinaria	CV	\$60.42	\$2.26
	Equipos	CV	\$4,175.53	\$156.39
	Logística	CV	\$26,377.64	\$987.93
Total			\$30,613.60	\$1,146.58

Tabla 4: Costos de instalación de parcelas experimentales. Fuente: CINCIA, 2018.

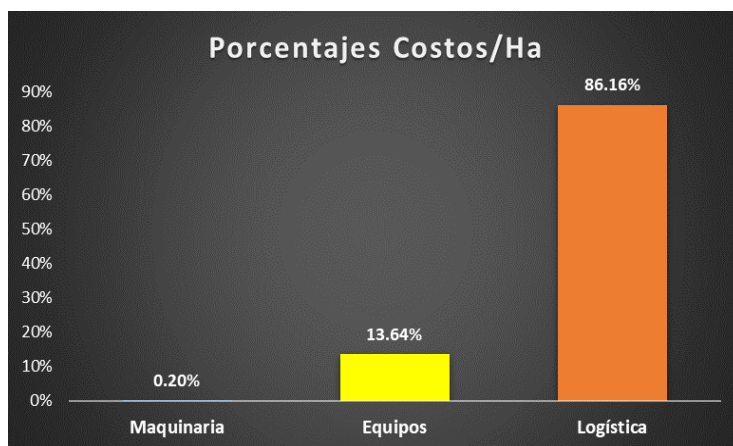


Figura 6: Costos de las parcelas experimentales por hectárea.

Finalmente la logística asciende a \$987.93 / ha que representa el personal necesario, transporte, combustible para la implementación de la parcela.

El costo total para la implementación de una parcela experimental es de \$1,146.58 por hectárea.

Como se observa en la figura 6 la logística representa el principal costo, 86.16%, esto debido a lo complicado de la ubicación y acceso hacia los sitios de plantaciones y el salario del personal requerido para la instalación de las parcelas, lo que eleva dicho costo.

CUADRO FINAL DE COSTOS

La tabla 5 muestra los costos por hectárea de los 4 componentes e incluye la última etapa de la Metodología CINCIA, el monitoreo. Este componente es importante para lograr uno de los objetivos principales del programa, la generación de información científica acerca de las mejores alternativas para lograr modelos de restauración exitosos en áreas degradadas por minería.

En la figura 7 se observa el comportamiento ascendente de los costos para la implementación la Metodología CINCIA siendo bajo en su primera etapa de caracterización con drones. Un nivel medio en la parte de producción de plantas y biocarbón puesto que requieren facilidades de por medio las cuales tienen una duración de mediano a largo plazo.

La instalación de plantaciones de reforestación y restauración ecológica es lo más costoso puesto que se requiere de personal y una logística complicada para su realización a pesar de ser parcelas experimentales pequeñas.

El monitoreo representa una actividad adicional, que consiste en la limpieza y fertilización del terreno. Se realizan en promedio 03 veces por año y su costo es de \$302.11 / ha. Es de suma importancia para asegurar el éxito de los modelos de restauración ecológica, su costo por ingreso es ligeramente mayor al componente de drones dependiendo de la cantidad de ingresos a campo de tal forma que desde el punto de vista económico es una etapa del programa que requiere una buena planificación para obtener los resultados esperados o determinar las alternativas según sea el caso.

El costo total por hectárea para la implementación de la Metodología CINCIA es de \$2,748.46 dólares americanos o S/. 9,097.40 nuevos soles con un solo ingreso a campo para monitoreo por año. El componente plantaciones de reforestación y restauración ecológica representa el 41.72% de este monto total.

Es importante señalar que estos montos son referenciales a un nivel de parcelas experimentales pero sí un punto de inicio para desarrollar programas de reforestación a escala regional o como plataforma de base para trabajos de cierre de minas como parte de los mecanismos de formalización ya establecidos por el estado. Este análisis es referencial a las circunstancias del programa de reforestación de CINCIA, los costos pueden cambiar si las distancias entre sitios fueran menores o si se trabajan áreas mayores en un solo lugar específico los costos de caracterización con drones podrían disminuir considerablemente. Es importante señalar que los montos mostrados no incluye los honorarios del equipo técnico base por ser montos presupuestados inicialmente como parte del programa.

Componente	Concepto	Costos/ha
DRONES	Campo	\$ 33.16
	Gabinete	\$ 196.38
	Mapa final	\$ 7.37
Costo por ha		\$ 236.92
BIOCARBÓN	Material vegetal	\$ 167.78
	Producción	\$ 21.05
	Traslado	\$ 120.11
	Aplicación	\$ 229.47
Costo por ha		\$ 538.41
VIVERO TECNIFICADO	Implementación y construcción	\$ 353.11
	Sustrato	\$ 9.86
	Tubetes	\$ 6.79
	Siembra y/o repique	\$ 37.00
	Producción de plántones	\$ 117.68
Costo por ha		\$ 524.44
PLANTACIONES DE REFORESTACIÓN Y RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	Instalación de parcelas experimentales	\$ 1,146.58
Costo por ha		\$ 1,146.58
MONITOREO		\$ 302.11
COSTO TOTAL POR ha		S/ 9,097.40
		\$2,748.46

Tabla 5: Costos totales por componente y costo final acumulado por hectárea.

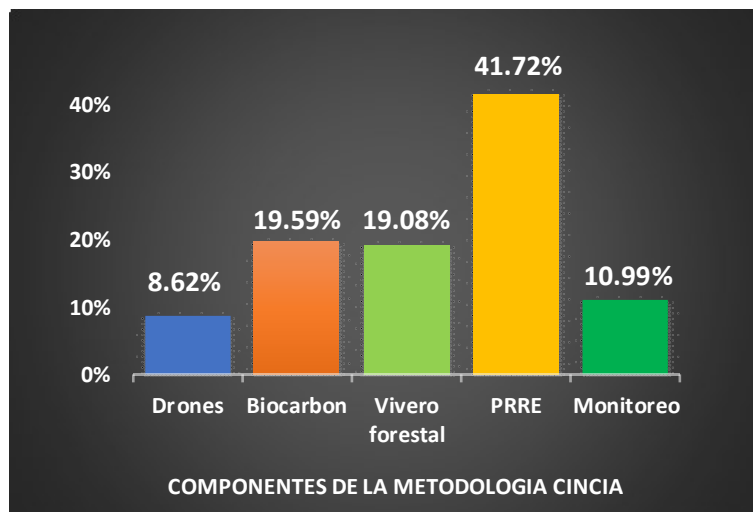


Figura 7: Costos totales de la Metodología CINCIA por componente.

SERIE DE NOTAS TÉCNICAS

Las Notas Técnicas de CINCIA contienen información técnica sobre resultados de la implementación de innovaciones tecnológicas relevantes para el manejo ambiental. Se distribuyen para estimular e influir a favor de su adopción y desarrollo en los sectores productivos y de conservación de la biodiversidad. El contenido de las Notas Técnicas puede ser revisado y eventualmente publicarse en otros formatos.



AUTORES

France Cabanillas es coordinador del programa de Programa de Reforestación y Restauración de Áreas Degradadas por Minería de CINCIA.

Francisco Román es un ecólogo 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 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, Martín 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. CINIA 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

CINCIA es una iniciativa conjunta de:



Copyright 2018 Centro de Innovación Científica Amazónica. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivative 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>