



Resumen de investigación

N°18 | setiembre 2026

Más Allá De La Deforestación: cómo la minería aurífera transforma el paisaje de Madre de Dios

Puntos claves:

- La huella minera superó 119 mil ha en 2023, incluyendo suelo desnudo, pozas, revegetación y otras coberturas.
- El 51% de la huella está fuera de La Pampa, Huepetuhe y Delta.
- Las áreas asociadas con maquinaria pesada crecieron 54% entre 2016 y 2023; las asociadas con bombas de succión, 48%.
- Las pozas mineras aumentaron 83% y el suelo desnudo 74%.
- 14,420 ha pasaron de revegetación a suelo desnudo, mostrando que el retorno de vegetación no necesariamente significa recuperación estable.
- Implicación: el monitoreo, la restauración y el control territorial deben evaluar la condición y trayectoria del paisaje, no solo las hectáreas deforestadas.

Palabras clave: minería aurífera; Madre de Dios; Amazonía; cambio de cobertura del suelo; pozas mineras; suelo desnudo; revegetación natural; restauración; monitoreo ambiental

Introducción

En Madre de Dios, la minería aurífera ha transformado grandes extensiones de bosque en paisajes mineros dinámicos. La deforestación sigue siendo una medida indispensable para identificar dónde se perdió bosque, pero no describe por sí sola la condición actual de las áreas afectadas ni sus posibilidades de recuperación (Asner et al., 2013; Caballero Espejo et al., 2018). El análisis del Centro de Innovación Científica Amazónica - CINCIA para el periodo 2016–2023 examina qué

tipo de paisaje queda después de la actividad minera. Los resultados muestran un mosaico cambiante de suelo desnudo, pozas mineras, revegetación natural, bosque remanente, otras coberturas y áreas que pueden volver a ser perturbadas. Esta distinción cambia una pregunta de política pública: no solo dónde ocurrió la deforestación, sino qué condición existe ahora y qué respuesta requiere.



Excavación minera abandonada que se ha convertido en un cuerpo de agua, evidenciando cómo la actividad minera transforma el paisaje más allá de la pérdida de cobertura forestal. Créditos: Melissa Marchese

Metodología

El Laboratorio de Inteligencia Artificial, Drones y Análisis Espacial de CINCIA analizó paisajes impactados por minería aurífera en Madre de Dios entre 2016 y 2023. El estudio combinó imágenes Sentinel-2 de la estación seca, imágenes PlanetScope y ortomosaicos de drones.

La clasificación utilizó índices espectrales para distinguir vegetación, suelo desnudo y cuerpos de agua, incluidas las pozas mineras. El análisis identificó cinco tipos de cobertura: bosque, revegetación natural, suelo desnudo, pozas mineras y otras coberturas, como ríos y playas.

Los resultados fueron contrastados con 500 puntos de control, imágenes de alta resolución y ortomosaicos de drones. La clasificación alcanzó una precisión global superior al 89% durante los ocho años analizados.

El estudio también examinó patrones del paisaje asociados con minería mediante maquinaria pesada y bombas de succión, así como los cambios de cobertura ocurridos entre 2016 y 2023, con atención a los periodos 2016–2019 y 2019–2023.



Un dron de ala fija utilizado por CINCIA para el levantamiento de imágenes aéreas de paisajes impactados por la minería aurífera en Madre de Dios. Créditos: Programa LIDAE - CINCIA

Resultados

Más de 119 mil hectáreas impactadas por la minería aurífera conforman un paisaje post-minero diverso

Para 2023, el paisaje impactado por la minería aurífera no correspondía a una sola condición posterior a la deforestación. CINCIA identificó aproximadamente 51,380 ha de revegetación natural, 50,215 ha de suelo desnudo, 12,758 ha de pozas mineras y 4,664 ha de otras coberturas, como ríos y playas. Estas condiciones tienen trayectorias, riesgos y necesidades de manejo diferentes.

Más de la mitad de la huella minera identificada en 2023 está fuera de la pampa, huepetuhe y delta

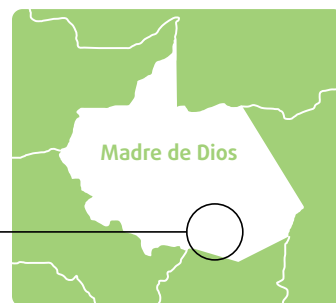
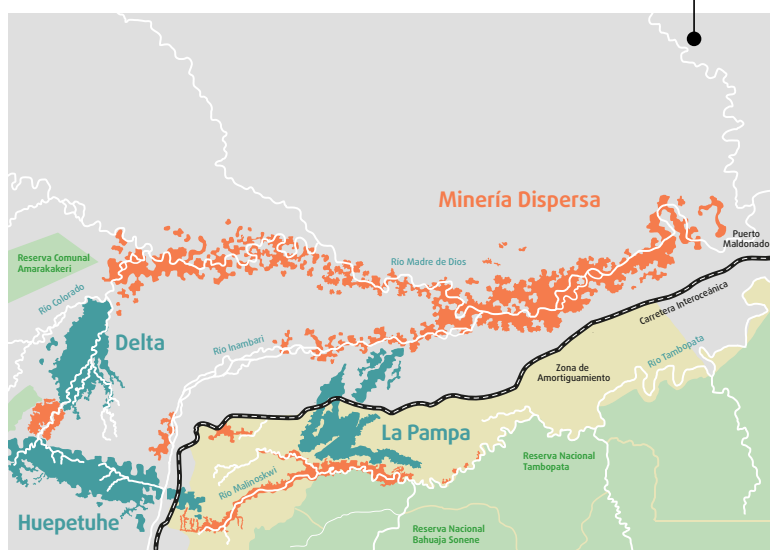
El impacto de la minería aurífera en Madre de Dios no se concentra únicamente en La Pampa, Huepetuhe y Delta. En 2023, los sitios mineros

distribuidos fuera de estos tres grandes focos abarcaron 60,683 ha, equivalentes al 51% de la huella minera identificada en el análisis. En este informe, esta configuración se denomina minería dispersa. El término no significa que se trate de minería pequeña o de menor impacto; describe una huella formada por múltiples áreas intervenidas, separadas o parcialmente conectadas, en lugar de un solo foco minero continuo.

En 2023, la huella asociada con minería dispersa superó individualmente las áreas identificadas en La Pampa (19,309 ha), Huepetuhe (18,875 ha) y Delta (20,153 ha).

Este resultado muestra que concentrar el monitoreo, la fiscalización y el control territorial únicamente en los grandes focos visibles dejaría fuera una parte sustancial de la huella minera identificada.

Áreas deforestadas por actividad minera en Madre de Dios



Comparación entre **minería dispersa** y los principales focos mineros en 2023.

Minería dispersa

60,683 hectáreas

Delta

20,153 hectáreas

La Pampa

19,309 hectáreas

Huepetuhe

18,875 hectáreas

Fig. 1: La huella minera se extiende más allá de los grandes frentes conocidos. Mapa de referencia territorial de las áreas impactadas por minería aurífera acumuladas entre 1985 y 2023, junto con la Carretera Interoceánica, el catastro minero y los sectores de La Pampa, Huepetuhe, Delta y sitios mineros distribuidos a lo largo del corredor del río Madre de Dios. El mapa proporciona contexto territorial y no representa exclusivamente el área clasificada en 2023 ni determina la legalidad de las operaciones. Fuente: CINCIA, análisis espacial de impacto minero, catastro minero y red vial.

La minería con maquinaria pesada creció más rápido, mientras las bombas de succión siguen dominando la huella minera

La expansión de la minería aurífera en Madre de Dios no responde a una sola tecnología. El análisis distinguió dos formas principales de extracción: las bombas de succión, que movilizan sedimentos mediante agua y bombeo, y la maquinaria pesada, que excava y reconfigura directamente el terreno.

Entre 2016 y 2023, las áreas asociadas con maquinaria pesada aumentaron de aproximadamente 31,106 ha a 47,860 ha: un incremento de 16,754 ha, equivalente a 54%. Este fue un crecimiento relativo mayor que el observado en las áreas asociadas con bombas de succión, que aumentaron de 47,996 ha a 71,138 ha: 23,142 ha adicionales, equivalentes a 48%. Aun así, las bombas de succión continuaron siendo

la modalidad más extensa en 2023, con 71,138 ha, equivalentes al 59.8% del área clasificada por tecnología de extracción. La maquinaria pesada representó el 40.2% restante.

Las dos tecnologías dejan huellas físicas distintas. Las bombas de succión suelen asociarse con mosaicos más dispersos e irregulares de agua, sedimento expuesto y parches de vegetación. La maquinaria pesada se asocia con superficies más profundamente excavadas o retrabajadas, mayor exposición de suelo y presencia de pozas mineras (Leiva, 2022).

El resultado muestra que la huella minera no solo está creciendo: también está cambiando en formas que requieren respuestas diferenciadas. La vigilancia, la restauración y el control territorial deben considerar no solo la extensión afectada, sino el tipo de alteración física que deja cada tecnología. La evolución anual por tecnología y por sector se presenta en la (Fig. 2)

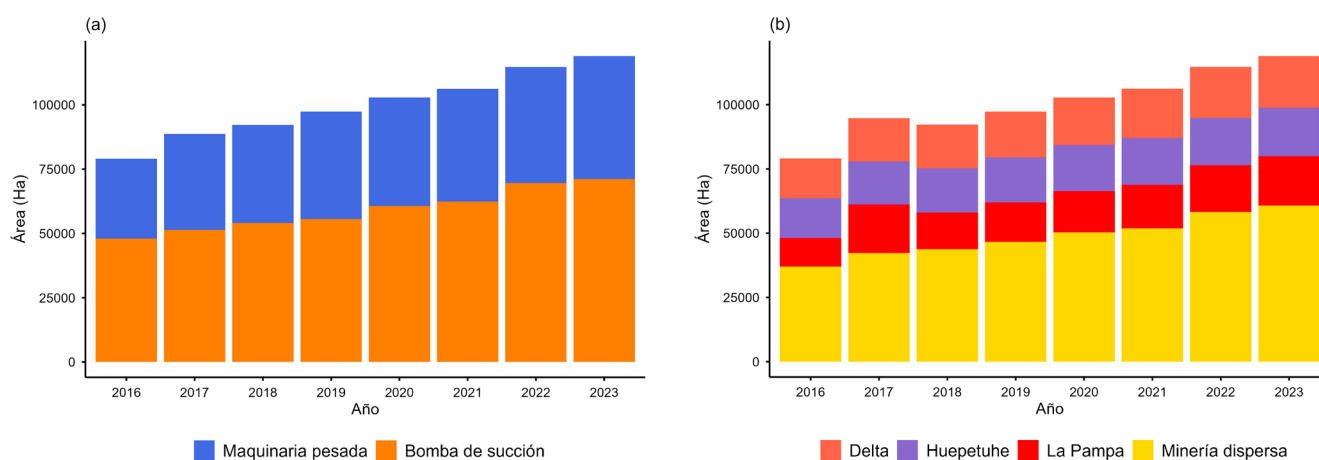


Fig. 2: La huella minera creció tanto por tecnología de extracción como por sector territorial. El gráfico (a) compara la superficie anual asociada con bombas de succión y maquinaria pesada. El gráfico (b) muestra la distribución anual de la huella entre Delta, Huepetuhe, La Pampa y sitios mineros distribuidos fuera de esos tres frentes. Ambas lecturas describen la misma huella desde clasificaciones distintas; la figura no permite determinar qué tecnología predomina dentro de cada sector.

Fuente: CINCIA, análisis espacial de patrones asociados con tecnologías de extracción y sectores mineros, 2016–2023.

Bomba de succión



Maquinaria pesada



Fig. 3: Las tecnologías de extracción dejan transformaciones físicas distintas en el paisaje. Ortoimágenes de drones ilustran mosaicos de agua, sedimento expuesto y parches de vegetación asociados con bombas de succión, así como superficies más profundamente excavadas y retrabajadas asociadas con maquinaria pesada. Las imágenes son ilustrativas de patrones observados y no representan la extensión total de cada tecnología. Fuente: CINCIA, ortomosaicos de drones.

Las pozas mineras aumentaron 83% y el suelo desnudo 74% entre 2016 y 2023

Las pozas mineras son depresiones y excavaciones que se llenan de agua como resultado de la actividad minera y pueden permanecer en el paisaje después de que la extracción se desplaza.

Entre 2016 y 2023, las pozas mineras pasaron de aproximadamente 6,974 ha a 12,758 ha: un aumento de 5,784 ha, equivalente a 83%.

Durante el mismo período, el suelo desnudo pasó de aproximadamente 28,889 ha a 50,215 ha: un aumento de 21,326 ha, equivalente a 74%. Esta categoría incluye superficies con poca o ninguna cobertura vegetal. En conjunto, estos cambios muestran que una parte importante

del paisaje impactado por la minería continuó en condiciones de fuerte alteración física, con más excavaciones inundadas y más superficie expuesta. La (Fig. 4) muestra la evolución de las cinco coberturas analizadas y destaca las principales condiciones post-mineras.

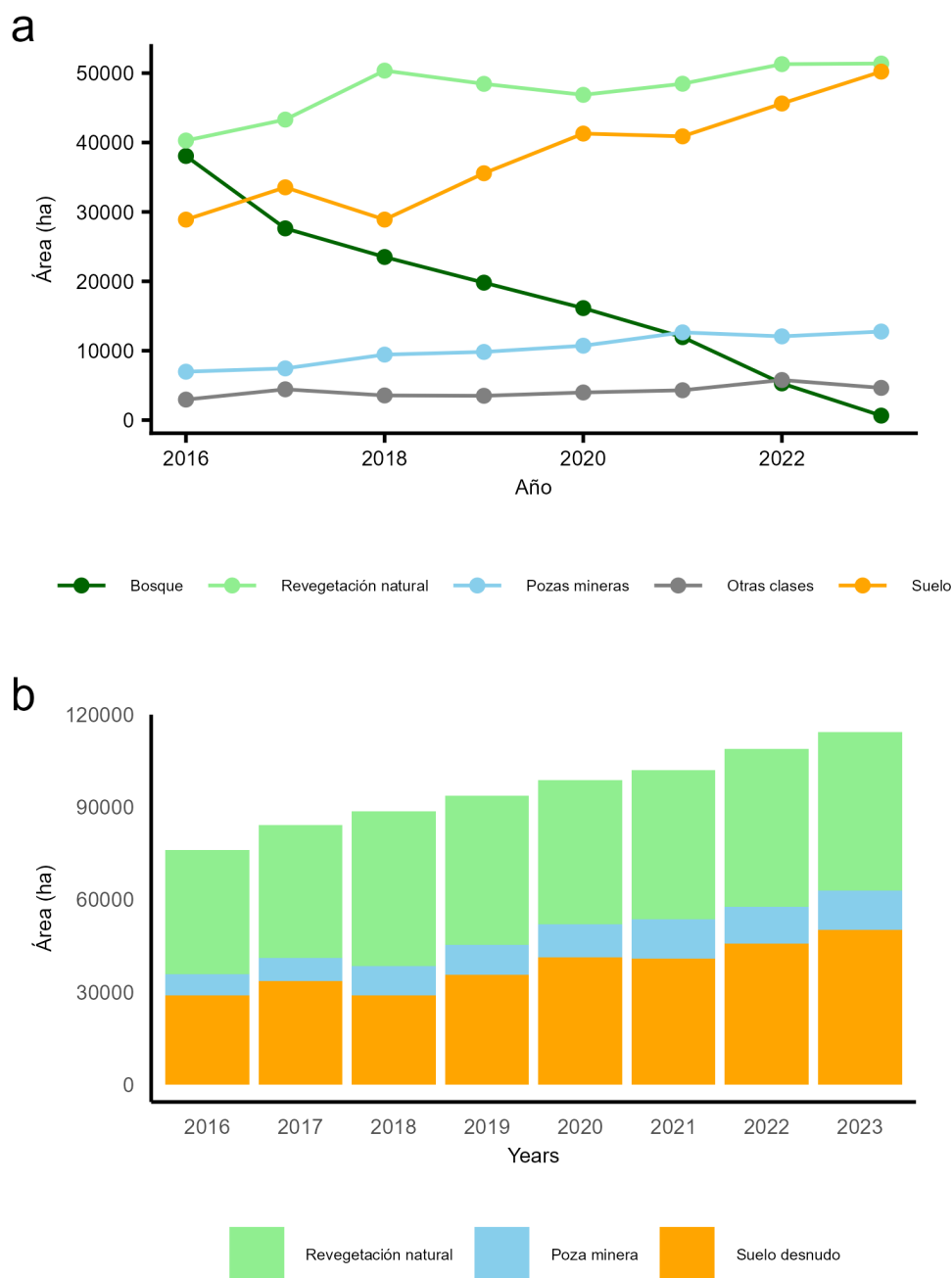


Fig. 4: Las pozas mineras y el suelo desnudo aumentaron entre 2016 y 2023. El gráfico superior muestra la evolución anual de bosque, revegetación natural, suelo desnudo, pozas mineras y otras coberturas dentro del paisaje impactado por minería. El gráfico inferior se concentra en las tres principales condiciones post-mineras. Entre 2016 y 2023, las pozas mineras aumentaron de 6,974 a 12,758 ha (83%) y el suelo desnudo de 28,889 a 50,215 ha (74%).

Fuente: CINCIA, clasificación de cobertura del suelo basada en imágenes Sentinel-2, 2016–2023.

Más de 14 mil ha de revegetación pasaron a suelo desnudo, en un patrón consistente con retrabajo minero

El análisis de transiciones muestra que la revegetación natural no fue una condición estable en toda el área de estudio. Entre 2016 y 2019, el 13.38% de las áreas clasificadas como revegetación natural —5,388 ha— pasó a suelo desnudo. Entre 2019 y 2023, esta proporción aumentó a 18.67%, equivalente a 9,032 ha.

En los dos períodos analizados, se registraron transiciones que suman 14,420 ha desde cobertura clasificada como revegetación natural hacia suelo desnudo. Este patrón es altamente compatible con retrabajo o reanudación de la actividad minera en áreas previamente intervenidas y muestra que la presencia de vegetación no siempre representa una trayectoria

continua de recuperación. Los cambios entre suelo desnudo y pozas mineras también evidencian una reconfiguración física persistente del paisaje (Román-Dañobeytia et al., 2015; Chambi-Legoas et al., 2021; Velásquez Ramírez et al., 2025). En conjunto, 4,820 ha de suelo desnudo pasaron a pozas mineras, un patrón muy probablemente asociado con nuevas excavaciones o retrabajo minero. Al mismo tiempo, 6,310 ha de pozas mineras pasaron a suelo desnudo, reflejando cambios posteriores en estas excavaciones y cuerpos de agua artificiales.

Estos flujos muestran un paisaje post-minero dinámico y complejo, donde las áreas pueden cambiar repetidamente entre revegetación, suelo desnudo, pozas mineras y nuevas intervenciones. La (Fig. 5) resume estas transiciones para 2016–2019 y 2019–2023.

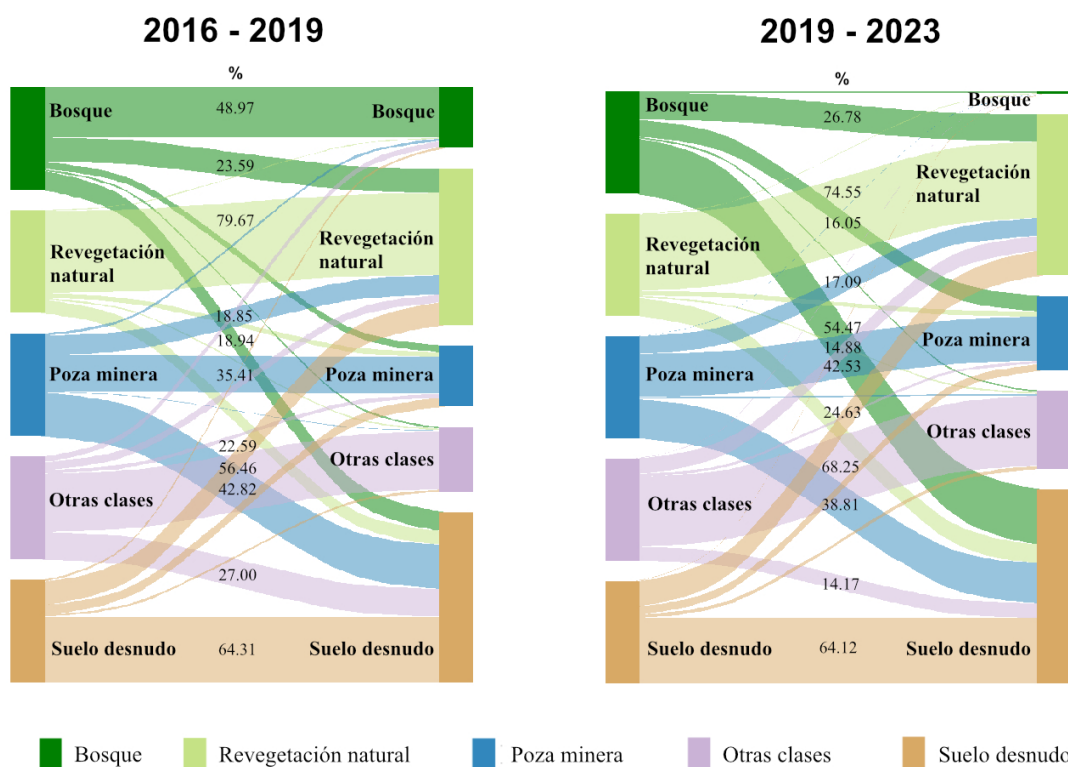


Fig 5: El gráfico izquierdo muestra las transiciones entre 2016 y 2019; el derecho, las transiciones entre 2019 y 2023. En conjunto, ambos intervalos registraron transiciones que suman 14,420 ha desde revegetación natural hacia suelo desnudo. También se observan cambios entre suelo desnudo y pozas mineras, consistentes con una reconfiguración física persistente del paisaje.

Fuente: CINCIA, análisis de transiciones de cobertura del suelo, 2016–2023.

Nota: Las superficies presentadas corresponden a flujos de transición registrados en dos intervalos y no deben interpretarse necesariamente como hectáreas únicas durante todo el período 2016–2023.

Implicancias para el monitoreo, la restauración y la política pública

La deforestación muestra dónde se perdió bosque; la condición del paisaje post-minero muestra qué tipo de respuesta puede requerir el territorio después de esa pérdida.

- **El paisaje post-minero no es una sola condición de daño.** El suelo desnudo, las pozas mineras, la revegetación natural y las áreas reintervenidas siguen trayectorias distintas. Tratar todas las áreas afectadas como una sola categoría de “tierra deforestada” oculta diferencias relevantes para el monitoreo y la priorización de intervenciones.
- **El retorno de vegetación no equivale automáticamente a recuperación.** La revegetación natural indica el retorno de cobertura vegetal, pero no demuestra por sí sola recuperación forestal ni estabilidad futura. Las transiciones registradas desde revegetación natural hacia suelo desnudo muestran que algunas áreas continúan cambiando y requieren seguimiento antes de ser consideradas resultados consolidados de recuperación.
- **Las condiciones físicas del paisaje requieren respuestas diferenciadas.** El suelo desnudo, las pozas mineras y las áreas con revegetación natural no representan el mismo punto de partida para la recuperación. La condición actual del sitio, su trayectoria de cambio y el tipo de alteración física son elementos relevantes para orientar decisiones posteriores.
- **La gestión territorial debe abarcar la huella de la minería completa, no solo los grandes frentes mineros como La Pampa.** En 2023, 60,683 ha —el 51% de la huella minera identificada— se ubicaron fuera de La Pampa, Huepetuhe y Delta. Concentrar la atención territorial únicamente en esos grandes frentes dejaría fuera una parte sustancial de la huella mapeada.



Plantación de especies nativas en un área degradada por la actividad minera en Madre de Dios, como parte de acciones orientadas a la recuperación del paisaje. Créditos: CINCIA



El seguimiento de los cambios en la cobertura del suelo permite identificar áreas intervenidas y orientar acciones de restauración y recuperación del paisaje. Créditos: CINCIA

Recomendaciones para la gestión del paisaje post-minero

- **Incorporar la condición y la trayectoria del paisaje post-minero en los sistemas de monitoreo.** Complementar las métricas de pérdida de bosque con información sobre suelo desnudo, pozas mineras, revegetación natural y cambios entre estas condiciones. El reporte debe incluir tanto los grandes frentes conocidos como los sitios mineros distribuidos fuera de ellos.
- **Usar una priorización por condición del sitio antes de definir intervenciones de restauración.** La clasificación puede orientar una primera priorización: áreas con revegetación natural que requieren seguimiento; áreas de suelo desnudo que requieren diagnóstico adicional; y pozas mineras que requieren evaluación según la pregunta de gestión. La información espacial debe orientar la priorización, no sustituir la evaluación de campo necesaria para cada decisión.
- **Utilizar los cambios de cobertura para focalizar la verificación territorial.** Las transiciones desde revegetación natural hacia suelo desnudo, así como los cambios entre suelo desnudo y pozas mineras, pueden señalar sitios prioritarios para seguimiento. Estas transiciones no prueban por sí solas actividad minera actual, legalidad ni contaminación, pero ayudan a identificar dónde se requiere información adicional.
- **Vincular la inversión en restauración con seguimiento posterior y coordinación territorial.** En áreas donde se identifiquen cambios recurrentes de cobertura o riesgo de retrabajo, los proyectos de restauración deben prever seguimiento posterior y coordinación con los actores competentes para reducir el riesgo de una nueva alteración del sitio.

Referencias

Asner, G. P., Llactayo, W., Tupayachi, R., & Luna, E. R. (2013). Elevated rates of gold mining in the Amazon revealed through high-resolution monitoring. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(46), 18454–18459.

Caballero Espejo, J., Messinger, M., Román-Dañobeytia, F., Ascorra, C., Fernandez, L. E., & Silman, M. (2018). Deforestation and Forest Degradation Due to Gold Mining in the Peruvian Amazon: A 34-Year Perspective. *Remote Sensing*, 10(12), 1903.

Chambi-Legoas, R., et al. (2021). Natural Regeneration After Gold Mining in the Peruvian Amazon: Implications for Restoration of Tropical Forests. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4.

Leiva, J. D. (2022). Appropriate technologies and the geosocial evolution of informal, small-scale gold mining in Madre de Dios, Peru. *The Extractive Industries and Society*, 12, 101165.

Román-Dañobeytia, F., et al. (2015). Reforestation with four native tree species after abandoned gold mining in the Peruvian Amazon. *Ecological Engineering*, 85, 39–46.

Velásquez Ramírez, M. G., et al. (2025). Degradation, Classification, and Management of Soils From Alluvial-Gold Mine Spoils in the Southeastern Peruvian Amazon. *Land Degradation & Development*, 36(2), 375–391.



La restauración abre camino a una nueva vida: incluso en paisajes degradados, la naturaleza puede volver a crecer.
Créditos CINCIA.

Serie de resúmenes 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 del resumen

Luis E. Fernández, Department of Biology and Andrew Sabin Center for Environment and Sustainability, Wake Forest University, Winston-Salem, North Carolina, USA; Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA), Puerto Maldonado, Perú.

Edwin Quispe Flores, Laboratorio de Inteligencia Artificial, Drones y Análisis Espacial (LIDAE), Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA), Puerto Maldonado, Perú.

Martin Pillaca, Laboratorio de Inteligencia Artificial, Drones y Análisis Espacial (LIDAE), Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA), Puerto Maldonado, Perú.

William Farfán-Ríos, Department of Biology and Andrew Sabin Center for Environment and Sustainability, Wake Forest University, Winston-Salem, North Carolina, USA.

Claudia Vega, Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA), Puerto Maldonado, Perú.

César F. Ascorra, Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA), Puerto Maldonado, Perú.

Miles R. Silman, Department of Biology and Andrew Sabin Center for Environment and Sustainability, Wake Forest University, Winston-Salem, North Carolina, USA; Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA), Puerto Maldonado, Perú.

Dirección institucional: Marta Torres

Revisión científica e institucional: Claudia M. Vega

Coordinación editorial: Katee Salcedo

Diseño: Diego Vega

Instituciones:

Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA); Laboratorio de Inteligencia Artificial, Drones y Análisis Espacial - CINCIA; Department of Biology and Sabin Center for Environment and Sustainability, Wake Forest University.

Agradecimientos

Agradecemos al equipo del Laboratorio de Inteligencia Artificial, Drones y Análisis Espacial y a los equipos de campo que aportaron al procesamiento, validación y revisión técnica de la información espacial, las imágenes de drones y los ortomosaicos utilizados en este análisis.

Sobre CINCIA

Fundado en 2016, el Centro de Innovación Científica Amazónica - CINCIA es un centro de investigación científica independiente y sin fines de lucro con sede en la Amazonía peruana. CINCIA realiza investigaciones para generar conocimiento sobre las amenazas a la biodiversidad y los ecosistemas amazónicos, ofrecer soluciones innovadoras y fortalecer la capacidad científica de la próxima generación de investigadores y líderes de la Amazonía.

Financiamiento

Este resumen de investigación fue financiado en parte por la Gordon and Betty Moore Foundation, mediante la subvención GBMF 13679 otorgada a Wake Forest University para apoyar el trabajo de CINCIA. El análisis espacial y los productos de conocimiento que sustentan esta publicación se desarrollaron, en parte, con apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), mediante el Convenio de Cooperación N.º 72052721CA00005, CINCIA-ACIERTA: Alianza para la Ciencia y la Recuperación de Ecosistemas. El contenido de este resumen de investigación es responsabilidad de CINCIA y no necesariamente refleja las opiniones de USAID ni del Gobierno de los Estados Unidos.

Aviso

Este resumen de investigación sintetiza un análisis espacial desarrollado por CINCIA sobre los cambios en la cobertura y las trayectorias del paisaje afectado por la minería aurífera en Madre de Dios entre 2016 y 2023. Las interpretaciones y conclusiones presentadas son responsabilidad de los autores y no necesariamente representan las posiciones de las instituciones financiadoras.

Contacto técnico y de contenido:

Luis E. Fernandez, Ph.D.
Research Professor, Wake Forest University
fernandle@wfu.edu

Prensa y difusión:

Katee Salcedo
Comunicaciones, CINCIA
salcedok@wfu.edu

Cita sugerida

Fernández, LE, Quispe, E., Pillaca, M., Farfán-Ríos, W., Vega, CM, Ascorra, CF, & Silman, MR (2026).
Más allá de la deforestación: cómo la minería aurífera transforma el paisaje de Madre de Dios. **CINCIA Research Brief Series.**
No. 18. Centro de Innovación Científica Amazónica (CINCIA)



Este trabajo tiene licencia de Atribución No Comercial- Sin Derivadas 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Edición: Centro de Innovación Científica Amazónica Av. Ucayali Mz 4-Z Lt. 9-A | Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú

Hecho en Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú No. 2026-11471



WAKE FOREST
UNIVERSITY

