

**Análisis sobre la Contaminación por uso del Mercurio en la Cuenca del
Río Putumayo - Içá derivado de Minería Artesanal y Pequeña Escala
(MAPE)**

PRODUCTO 8: Documento de análisis sobre el estado de la normatividad ambiental en referencia a las actividades de minería artesanal y de pequeña escala.

Preparado para WILD CONSERVATION SOCIETY - WCS

Autor: MANUEL HOYDEN GONZALEZ OSSA - Consultor

Fecha de Entrega: 04 de mayo de 2026

Tabla de Contenido

1. MARCO INTRODUCTORIO Y GEOPOLÍTICA	4
1.1 Hitos Normativos del Periodo 2024-2026.....	5
1.1.1 La Ley 32213 de 2025 (Perú)	5
1.1.2 La Resolución 40005 de 2024 (Colombia).....	7
1.1.3 La Ley de Minería del Ecuador y su desarrollo reglamentario	9
1.1.4 El Código de Mineração de Brasil y el régimen de Permissão de Lavra Garimpeira (PLG)	11
1.1.5 Análisis Integral Regional	12
1.2 Dinámicas Transfronterizas y Desafío contra el Mercurio	14
2. CLASIFICACIÓN: MINERÍA ARTESANAL Y PEQUEÑA MINERÍA	16
3. PROHIBICIÓN DEL MERCURIO (CONVENIO DE MINAMATA)	18
3.1 Colombia.....	18
3.2 Ecuador	18
3.3 Perú.....	18
3.4 Brasil.....	18
4. DESAFÍOS Y DIFERENCIAS DE POLITICAS PUBLICAS	20
4.1 Enfoque de formalización – Perú y Colombia	20
4.2 Sanciones – Ecuador y Brasil	20
4.3 Trazabilidad	21
5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO E INFERENCIAL DE ACUMULACION DE MERCURIO EN LA CUENCA.....	22
5.1 Hallazgos Descriptivos Integrales (Tendencias)	22
5.2 Análisis Inferencial (Correlación)	22
6. PROTOCOLO DE MONITOREO TRANSFRONTERIZO	24
6.1 Muestreos Unificados	24
6.2 Intercambios de Datos	25
6.3 Red de Monitoreo Regional.....	25
6.4 Acciones Jurídicas	27
7. ENFOQUE EN FORMALIZACIÓN Y REGISTRO	28

7.1	Perú y Colombia – trazabilidad y cierre de ciclos de informalidad	28
7.2	Ecuador – registro, regularización progresiva y enfoque constitucional	29
7.3	Brasil – transición hacia mayor responsabilidad en la cadena de valor	29
8.	USO Y PROHIBICIÓN DEL MERCURIO	30
8.1	Liderazgo de Colombia	30
8.2	Perú – intervención territorial (Operación Mercurio)	31
8.3	Ecuador – prohibición estricta con desafíos de transición	31
8.4	Brasil – Control reactivo y desafíos estructurales	31
8.5	Visión Integral regional	32
9.	LUCHA CONTRA LA MINERÍA ILEGAL Y MAQUINARIA PESADA.....	34
9.1	Innovaciones recientes (2024-2025)	34
10.	PROTOCOLO DE MONITOREO TRANSFRONTERIZO (HACIA 2026).....	36
10.1	Estandarización de Muestreo (Bio-indicadores)	36
10.2	Alerta Temprana Satelital	36
10.3	Marco de Actuación Legal Conjunta.....	36
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37

ANÁLISIS COMPARATIVO: MINERÍA Y MERCURIO (ECUADOR, COLOMBIA, PERÚ Y BRASIL)

1. MARCO INTRODUCTORIO Y GEOPOLÍTICA

El presente documento constituye un análisis multidimensional sobre la convergencia de las arquitecturas normativas mineras consultadas en las cuatro naciones que integran la cuenca del río Putumayo-Içá.

En un contexto de crisis climática y degradación ecosistémica, se examina la transición de los marcos legales, priorizando la regulación de la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE) como un actor determinante en la economía regional y, simultáneamente, como el principal vector de presión ambiental en ecosistemas frágiles. Este enfoque reconoce que la MAPE no puede ser comprendida únicamente desde una dimensión jurídica o productiva, sino como un fenómeno socioecológico complejo que articula dinámicas territoriales, económicas y culturales¹.

En este sentido, el análisis se orienta a identificar los puntos de convergencia y divergencia entre los sistemas normativos de Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, evaluando no solo el diseño legal, sino su capacidad real de implementación en territorios caracterizados por alta dispersión geográfica, débil presencia institucional y coexistencia de economías formales e informales. La revisión incorpora variables de gobernanza, capacidad de fiscalización, instrumentos de gestión ambiental y mecanismos de formalización, evidenciando que, pese a avances regulatorios, persiste una brecha estructural entre la norma y su aplicación efectiva².

El eje central radica en la erradicación definitiva del mercurio (Hg), alineada con los compromisos vinculantes del Convenio de Minamata sobre el Mercurio. Este esfuerzo no se limita a la prohibición punitiva, sino que se extiende hacia la sustitución tecnológica, la reconversión productiva y la reparación integral de los pasivos ambientales en territorios bioculturales. La eliminación del mercurio implica, por tanto, una transformación profunda de los sistemas productivos de la MAPE, así como la generación de alternativas viables que no reproduzcan condiciones de ilegalidad o exclusión social³.

¹ Inter-American Development Bank. (2020). *Artisanal and Small-Scale Mining in Latin America: Challenges and Opportunities*. Washington, DC.

² M. Gonzalez (2026) - WCS

³ United Nations Environment Programme. (2019). *Global Mercury Assessment 2018*. Nairobi: UNEP.

Adicionalmente, el documento aborda la relación entre la regulación ambiental y las dinámicas de gobernanza territorial, destacando cómo la ausencia o debilidad del Estado en zonas amazónicas ha permitido la configuración de sistemas paralelos de control, muchas veces asociados a economías ilícitas. En este contexto, la normativa ambiental adquiere un carácter estratégico, no solo como instrumento de protección ecológica, sino como mecanismo de ordenamiento territorial y estabilización institucional. La efectividad de estas normas depende, en gran medida, de su articulación con políticas sociales, económicas y de seguridad⁴.

Finalmente, se plantea que la transición hacia modelos sostenibles de MAPE requiere un enfoque integral que combine regulación, incentivos económicos, innovación tecnológica y cooperación internacional. La cuenca del río Putumayo, por su carácter transfronterizo, demanda estrategias coordinadas entre los países involucrados, superando enfoques fragmentados. Solo mediante una gobernanza multinivel, adaptada a las realidades locales y respaldada por compromisos globales, será posible reducir de manera significativa los impactos ambientales y avanzar hacia un modelo de minería compatible con la conservación de los ecosistemas amazónicos⁵.

1.1 Hitos Normativos del Periodo 2024-2026

En el análisis comparativo, se identifican instrumentos jurídicos de vanguardia que, aunque responden a contextos nacionales específicos, convergen en un objetivo común: redefinir la gobernanza de la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAPE) en el eje andino-amazónico, fortaleciendo la trazabilidad, la formalización y el control ambiental. Estas normas evidencian un tránsito desde enfoques permisivos o fragmentados hacia esquemas más integrales, donde la regulación no solo busca ordenar la actividad minera, sino también intervenir sobre las economías ilegales, la degradación ambiental y las fallas estructurales del Estado en territorios periféricos⁶.

1.1.1 La Ley 32213 de 2025 (Perú)⁷

Representa un giro hacia la centralización estratégica y la rectoría del Ministerio de Energía y Minas (MINEM). Esta norma busca corregir la fragmentación

⁴ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁵ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁶ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁷ <https://img.lpderecho.pe/wp-content/uploads/2024/12/Ley-32213-LPDerecho.pdf>

administrativa que históricamente facilitó la informalidad, estableciendo un cronograma fatal para el cierre del Registro Integral de Formalización Minera (REINFO) y promoviendo la trazabilidad digital obligatoria. Su implementación apunta a cerrar brechas críticas en zonas de alta presión ambiental como Madre de Dios y la cuenca del río Putumayo, integrando herramientas tecnológicas para evitar el lavado de minerales y reforzar la fiscalización ambiental en campo⁸.

En términos institucionales, la medida implica una reconfiguración del rol de los gobiernos regionales, que durante años asumieron funciones clave en los procesos de formalización sin contar con capacidades técnicas ni recursos suficientes. La centralización en el MINEM busca unificar criterios, reducir la discrecionalidad administrativa y establecer estándares homogéneos en la evaluación de expedientes, seguimiento de compromisos ambientales y verificación de operaciones. Este cambio responde a la evidencia de que la descentralización, sin fortalecimiento institucional paralelo, contribuyó a la proliferación de registros inactivos, operaciones ficticias y el uso indebido del REINFO como mecanismo de cobertura para actividades ilegales⁹.

Un componente clave de esta transformación es la incorporación de sistemas de trazabilidad digital que permitan seguir el mineral desde su punto de extracción hasta su comercialización final. Este enfoque se alinea con estándares internacionales de debida diligencia y transparencia en cadenas de suministro, introduciendo herramientas como registros electrónicos, georreferenciación de unidades productivas y control de volúmenes autorizados. La trazabilidad no solo busca combatir el lavado de minerales, sino también generar confianza en mercados internacionales cada vez más exigentes en términos de origen responsable y cumplimiento ambiental¹⁰.

Desde la perspectiva ambiental, la norma fortalece los mecanismos de control y monitoreo, integrando la fiscalización minera con la gestión ambiental. Se promueve una mayor articulación entre el MINEM, el organismo de evaluación y fiscalización ambiental (OEFA) y otras entidades competentes, con el fin de asegurar que los procesos de formalización no se limiten a la dimensión legal, sino que incorporen criterios estrictos de sostenibilidad. Esto es particularmente

⁸ Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2025). *Ley N.º 32213: Ley que fortalece el proceso de formalización minera integral y establece medidas para la trazabilidad del mineral*. Lima: Gobierno del Perú.

⁹ Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2025). *Ley N.º 32213: Ley que fortalece el proceso de formalización minera integral y establece medidas para la trazabilidad del mineral*. Lima: Gobierno del Perú.

¹⁰ Ministerio de Energía y Minas del Perú. (2025). *Ley N.º 32213: Ley que fortalece el proceso de formalización minera integral y establece medidas para la trazabilidad del mineral*. Lima: Gobierno del Perú.

relevante en ecosistemas amazónicos, donde la minería informal ha generado impactos acumulativos significativos sobre bosques, cuerpos de agua y biodiversidad¹¹.

No obstante, la efectividad de esta estrategia dependerá de su capacidad para equilibrar control y viabilidad. El cierre del REINFO bajo un cronograma rígido puede generar riesgos de exclusión para miles de pequeños mineros que no logren completar su proceso de formalización en los tiempos establecidos. En este sentido, el desafío radica en evitar que la medida derive en un incremento de la ilegalidad, lo que exige complementar la regulación con asistencia técnica, acceso a financiamiento y alternativas productivas. Solo mediante un enfoque integral que combine control estatal, inclusión económica y sostenibilidad ambiental será posible consolidar una transición real hacia una MAPE formal y responsable¹².

1.1.2 La Resolución 40005 de 2024 (Colombia)¹³

Se posiciona como el pilar de la regularización diferencial. A diferencia de marcos anteriores, esta resolución establece rutas de formalización que reconocen las particularidades socioeconómicas del pequeño minero y del minero de subsistencia. Introduce mecanismos de flexibilización financiera y técnica que permiten la transición hacia esquemas como el “Sello de Oro Verde”, promoviendo una minería responsable y trazable. Este enfoque busca desvincular la actividad de redes de criminalidad transnacional y garantizar el cumplimiento progresivo de estándares ambientales, sin excluir a los actores más vulnerables del proceso productivo¹⁴.

Desde una perspectiva normativa, la resolución rompe con el paradigma tradicional de “cumplimiento uniforme”, que históricamente exigía a los pequeños mineros los mismos requisitos que a la minería mediana o de gran escala. En su lugar, adopta un enfoque escalonado y proporcional, donde las obligaciones ambientales, técnicas y administrativas se ajustan a la capacidad real del productor. Esto se traduce en instrumentos como planes de manejo ambiental simplificados, cronogramas graduales de cumplimiento y esquemas de

¹¹ Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2023). *La fiscalización ambiental de la pequeña minería y minería artesanal en el Perú*. Lima: OEFA.

¹² M. Gonzalez (2026) - WCS

¹³ <https://acmineria.com.co/blog/normativa/resolucion-mme-40005-de-2024-reglamenta-el-paragrafo-2-del-articulo-4-de-la-ley-2250-de-2022/>

¹⁴ Agencia Nacional de Minería. (2024). Resolución 40005 de 2024: Por la cual se establecen lineamientos para la formalización minera diferencial. Bogotá: ANM.

acompañamiento institucional, que permiten avanzar hacia la legalidad sin generar barreras insuperables de entrada¹⁵.

En el ámbito financiero, la resolución incorpora mecanismos innovadores orientados a superar una de las principales limitantes de la formalización: el acceso a capital. A través de incentivos, líneas de crédito diferenciadas y posibles esquemas de cofinanciación, se busca facilitar la adopción de tecnologías limpias, la reconversión de prácticas extractivas y el cumplimiento de requisitos ambientales. Esta dimensión es clave, ya que la transición hacia modelos sostenibles implica costos que, sin apoyo estatal o alianzas estratégicas, resultan inviables para la mayoría de los pequeños productores¹⁶.

Adicionalmente, la resolución fortalece el componente de trazabilidad y transparencia, integrando herramientas que permiten verificar el origen del mineral y su cadena de comercialización. En este contexto, esquemas como el “Sello de Oro Verde” no solo operan como certificaciones ambientales, sino también como instrumentos de inserción en mercados diferenciados que valoran la producción responsable. Esto abre oportunidades para mejorar ingresos, reducir intermediación ilegal y posicionar la MAPE formal dentro de cadenas globales de suministro ético¹⁷.

Un elemento estratégico del enfoque es su contribución a la gobernanza territorial. Al reconocer la realidad social de los mineros de subsistencia, la resolución promueve su inclusión en el sistema formal, reduciendo su vulnerabilidad frente a actores ilegales que históricamente han capturado estas economías. De esta manera, la formalización deja de ser únicamente un proceso administrativo y se convierte en una herramienta de estabilización territorial, fortalecimiento institucional y recuperación del control estatal en zonas afectadas por economías ilícitas¹⁸.

No obstante, el éxito de este modelo depende de su implementación efectiva en territorio. La capacidad de las autoridades para brindar asistencia técnica, monitorear el cumplimiento y articularse con otros sectores (ambiental, financiero, social) será determinante. Asimismo, persiste el desafío de evitar que los mecanismos de flexibilización sean utilizados indebidamente para legitimar actividades que continúan generando impactos significativos. En consecuencia,

¹⁵ M. Gonzalez (2026) - WCS

¹⁶ M. Gonzalez (2026) - WCS

¹⁷ M. Gonzalez (2026) - WCS

¹⁸ Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (2022). *Política de Formalización Minera*. Bogotá: Gobierno de Colombia.

el equilibrio entre inclusión, control y sostenibilidad se configura como el eje central sobre el cual se definirá la efectividad de esta política pública¹⁹.

1.1.3 La Ley de Minería del Ecuador y su desarrollo reglamentario

En el caso ecuatoriano, el marco normativo se encuentra profundamente influenciado por la Constitución de 2008, que introduce el principio de los derechos de la naturaleza como eje estructural del ordenamiento jurídico. Este reconocimiento otorga a los ecosistemas un estatus de sujeto de derechos, lo que implica que cualquier actividad extractiva, incluida la minería artesanal y de pequeña escala (MAPE), debe ser evaluada no solo en función de su viabilidad económica, sino también de su compatibilidad con la integridad ecológica. En este contexto, la Ley de Minería del Ecuador y su normativa secundaria configuran un marco regulatorio que busca equilibrar el aprovechamiento de recursos minerales con la protección ambiental²⁰.

Un elemento reciente y relevante en la gobernanza del sector es la integración funcional y estratégica entre el Ministerio de Energía y Minas de Ecuador y el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador. Esta articulación busca superar la histórica fragmentación institucional entre la autoridad minera y la autoridad ambiental, promoviendo una coordinación más estrecha en la emisión de licencias, el control de actividades extractivas y el seguimiento de obligaciones ambientales. En la práctica, esta integración se ha traducido en procesos más alineados de evaluación técnica, intercambio de información y acciones conjuntas de fiscalización, especialmente en territorios críticos de la Amazonía²¹.

La legislación ecuatoriana establece la obligatoriedad de licencias ambientales, estudios de impacto y planes de manejo adaptados a la escala de la operación. Para la MAPE, se han desarrollado mecanismos diferenciados como registros simplificados, autorizaciones específicas y procedimientos de regularización que buscan facilitar la transición hacia la formalidad. Estos instrumentos incluyen el Registro de Mineros Artesanales, que permite identificar y caracterizar a los actores del sector, así como establecer compromisos ambientales básicos. Sin embargo, aunque el diseño normativo contempla esta diferenciación, su

¹⁹ M. Gonzalez (2026) - WCS

²⁰ Ley de Minería del Ecuador. (2009). *Ley de Minería*. Quito: Asamblea Nacional.

²¹ M. Gonzalez (2026) - WCS

aplicación enfrenta dificultades derivadas de limitaciones institucionales y de la complejidad territorial²².

Un elemento distintivo del modelo ecuatoriano es la incorporación de principios de participación y consulta, especialmente en territorios donde habitan comunidades indígenas y campesinas. La normativa exige procesos de consulta previa y mecanismos de diálogo social, lo que introduce una dimensión adicional de gobernanza que no siempre está presente en otros países de la región. No obstante, en la práctica, estos procesos han sido fuente de tensiones y conflictos socioambientales, particularmente en zonas como Zamora Chinchipe, donde la expansión de la minería ha generado disputas por el uso del territorio, acceso al agua y afectación de medios de vida tradicionales²³.

En términos de control y fiscalización, el sistema ecuatoriano enfrenta desafíos significativos. A pesar de contar con un marco normativo robusto en el papel, la capacidad de monitoreo en campo es limitada, especialmente en regiones amazónicas de difícil acceso. Esto ha permitido la persistencia de actividades informales e ilegales que operan al margen de la regulación, generando impactos acumulativos sobre bosques, ríos y biodiversidad. La coexistencia de minería formal, informal e ilegal en un mismo territorio evidencia la brecha entre la norma y su implementación efectiva²⁴.

Finalmente, el enfoque ecuatoriano puede caracterizarse como normativamente avanzado pero operativamente tensionado. La fuerte base constitucional ambiental proporciona un marco conceptual innovador a nivel global, alineado con tendencias de sostenibilidad y derechos ecológicos. Sin embargo, su efectividad depende de la capacidad del Estado para traducir estos principios en acciones concretas, fortalecer la institucionalidad y articular políticas económicas y sociales que hagan viable la formalización de la MAPE. La reciente integración entre las autoridades minera y ambiental constituye un paso importante en esta dirección, pero aún requiere consolidarse mediante recursos, capacidades técnicas y presencia territorial efectiva para generar impactos reales en la sostenibilidad del sector²⁵.

²² Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador. (2021). *Reglamento Ambiental para Actividades Mineras*. Quito.

²³ Ministerio de Energía y Minas de Ecuador. (2022). *Regulación y registro de la minería artesanal y de pequeña escala*. Quito.

²⁴ M. Gonzalez (2026) - WCS

²⁵ M. Gonzalez (2026) - WCS

1.1.4 El Código de Mineração de Brasil y el régimen de Permissão de Lavra Garimpeira (PLG)

Brasil estructura la regulación de la minería artesanal a través de la figura del *garimpo*, formalizada mediante permisos específicos otorgados por la Agência Nacional de Mineração (ANM). El principal instrumento es la Permissão de Lavra Garimpeira (PLG), que busca facilitar la legalización de pequeños mineros mediante un esquema simplificado de acceso a derechos mineros. Este modelo reconoce la importancia socioeconómica del *garimpo* en regiones históricamente marginadas, pero al mismo tiempo intenta establecer controles mínimos sobre su operación. Sin embargo, la amplitud de este régimen y la relativa facilidad para obtener permisos han generado espacios de ambigüedad que, en algunos casos, son aprovechados para encubrir actividades que exceden los límites de la minería artesanal²⁶.

Desde el punto de vista ambiental, la regulación brasileña combina competencias federales y estatales, con un sistema de licenciamiento que puede variar según la localización y el tipo de impacto. Entidades como el Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis y las autoridades ambientales estatales son responsables de otorgar licencias, monitorear el cumplimiento y sancionar infracciones. En teoría, este esquema permite una gestión más cercana al territorio; no obstante, en la práctica, la superposición de competencias y la limitada coordinación interinstitucional han debilitado la efectividad del control ambiental, especialmente en regiones amazónicas de difícil acceso²⁷.

Un aspecto crítico del caso brasileño es la expansión de la minería ilegal en territorios indígenas y unidades de conservación. A pesar de las restricciones legales existentes, la falta de presencia estatal efectiva ha permitido que actividades extractivas se desarrollen en áreas protegidas, generando impactos severos sobre ecosistemas y comunidades. En regiones como el río Tapajós o el territorio Yanomami, el *garimpo* ilegal ha provocado deforestación acelerada, contaminación por mercurio y crisis sanitarias, evidenciando la incapacidad del marco regulatorio para contener dinámicas impulsadas por redes económicas ilegales y alta demanda internacional de oro²⁸.

Adicionalmente, la trazabilidad del mineral constituye uno de los mayores desafíos del sistema brasileño. Aunque existen mecanismos formales para

²⁶ Código de Mineração de Brasil. (1967, act.). *Código de Mineração*. Brasília: Governo Federal.

²⁷ M. Gonzalez (2026) - WCS

²⁸ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. (2023). *Relatórios de fiscalização ambiental na Amazônia Legal*. Brasília.

registrar la producción y comercialización del oro, estos han sido históricamente vulnerables a la manipulación, permitiendo que oro de origen ilegal sea introducido en cadenas formales. Esta debilidad en la cadena de custodia reduce la efectividad de la regulación y limita la capacidad del Estado para diferenciar entre producción legal e ilegal, afectando también la credibilidad del sector en mercados internacionales²⁹.

En este contexto, Brasil enfrenta una paradoja regulatoria: dispone de un marco jurídico relativamente robusto, con instrumentos claros y entidades especializadas, pero carece de la capacidad operativa y territorial para garantizar su cumplimiento efectivo. La combinación de permisividad en el acceso a derechos mineros, debilidad en la fiscalización y alta rentabilidad del oro ha generado un entorno propicio para la expansión de la ilegalidad. Superar esta situación requiere no solo fortalecer las capacidades institucionales y tecnológicas de control, sino también abordar las causas estructurales que sostienen la minería ilegal, incluyendo la exclusión social, la demanda global y la gobernanza de territorios amazónicos³⁰.

1.1.5 Análisis Integral Regional

En conjunto, estos instrumentos reflejan modelos diferenciados de intervención estatal: mientras Perú apuesta por la centralización y el control digital, Colombia prioriza la formalización inclusiva, Ecuador fundamenta su regulación en principios constitucionales ambientales, y Brasil combina permisividad operativa con debilidad en el control territorial. Esta diversidad normativa evidencia que no existe un modelo único de gobernanza de la MAPE, pero también revela un desafío común: la necesidad de articular regulación, capacidad institucional y realidades territoriales para lograr una transición efectiva hacia prácticas mineras sostenibles en la Amazonía³¹.

Desde una perspectiva comparada, estos enfoques responden a trayectorias históricas y configuraciones institucionales distintas. Perú, con su apuesta por la centralización, busca recuperar el control del Estado sobre un proceso de formalización que se fragmentó en el nivel subnacional, apostando por herramientas tecnológicas y trazabilidad como mecanismos de control. Colombia, por su parte, reconoce la heterogeneidad social del sector minero y propone rutas diferenciadas que intentan equilibrar inclusión y cumplimiento

²⁹ Tribunal de Contas da União. (2022). *Auditoria sobre o controle da produção e comercialização de ouro no Brasil*. Brasília.

³⁰ M. Gonzalez (2026) - WCS

³¹ M. Gonzalez (2026) - WCS

ambiental. Ecuador introduce un componente normativo innovador al incorporar los derechos de la naturaleza, lo que eleva el estándar de protección ambiental, mientras que Brasil evidencia cómo un marco legal relativamente completo puede verse limitado por déficits en presencia estatal y control efectivo en territorios extensos y de difícil acceso³².

No obstante, más allá de sus diferencias, estos modelos comparten una tensión estructural: la distancia entre el diseño normativo y su implementación en terreno. En todos los casos, la regulación enfrenta el reto de operar en contextos donde confluyen economías informales, actores ilegales, debilidad institucional y presiones económicas significativas. Esta brecha no solo reduce la efectividad de las políticas públicas, sino que también genera incentivos perversos que perpetúan la informalidad y dificultan la transición hacia esquemas sostenibles. Asimismo, la gobernanza de la MAPE en la Amazonía presenta un componente transfronterizo que desborda las capacidades de los Estados individuales. Las dinámicas de movilidad de actores, insumos y capitales, así como las cadenas de comercialización del oro, operan a escala regional, lo que limita el impacto de intervenciones exclusivamente nacionales. En este sentido, la ausencia de mecanismos robustos de coordinación internacional y de políticas armonizadas entre países se configura como una de las principales debilidades del sistema actual³³.

En este contexto, la transición hacia una MAPE sostenible requiere un enfoque integral que combine instrumentos regulatorios, fortalecimiento institucional y estrategias territoriales adaptadas a las realidades locales. Esto implica no solo mejorar la calidad de las normas, sino también invertir en capacidades de fiscalización, promover tecnologías limpias, garantizar alternativas económicas viables y fortalecer la gobernanza en territorios estratégicos. La sostenibilidad del sector dependerá, en última instancia, de la capacidad de los Estados para integrar estos elementos en una visión coherente y operativa³⁴.

Finalmente, la experiencia comparada sugiere que los avances más significativos no provienen de modelos rígidos, sino de esquemas flexibles que logran adaptarse a contextos cambiantes sin perder de vista los objetivos ambientales y sociales. La Amazonía, como sistema ecológico interconectado y altamente vulnerable, exige respuestas coordinadas, innovadoras y sostenidas en el tiempo. Solo mediante una articulación efectiva entre política pública, territorio y cooperación internacional será posible transformar la MAPE de un

³² M. Gonzalez (2026) - WCS

³³ M. Gonzalez (2026) - WCS

³⁴ M. Gonzalez (2026) - WCS

factor de degradación ambiental en una actividad compatible con la conservación y el desarrollo sostenible³⁵.

1.2 Dinámicas Transfronterizas y Desafío contra el Mercurio

La convergencia de estas leyes responde a la necesidad de mitigar los efectos del mercurio metilado en los sistemas hídricos compartidos, particularmente en cuencas amazónicas altamente interconectadas como la del río Putumayo. El mercurio, al transformarse en metilmercurio, adquiere una alta capacidad de bioacumulación y biomagnificación, afectando no solo la calidad del agua, sino también la salud de las comunidades que dependen de los recursos hidrobiológicos. En este sentido, la regulación de la MAPE deja de ser un asunto estrictamente sectorial para convertirse en una prioridad de salud pública y protección ecosistémica a escala regional³⁶.

Las investigaciones desarrolladas en Colombia, Ecuador, Perú y Brasil coinciden en que la eficacia de la norma nacional es directamente proporcional a la capacidad de cooperación binacional y multinacional. Ningún país, por sí solo, puede controlar un contaminante que se transporta a través de ríos compartidos y cadenas tróficas interconectadas. Por ello, la implementación de compromisos derivados de instrumentos internacionales como el Convenio de Minamata sobre el Mercurio adquiere un carácter estratégico, al establecer estándares comunes para la reducción y eliminación del uso de mercurio en la minería³⁷.

En este contexto, la falta de sincronización normativa genera incentivos perversos que debilitan los esfuerzos de control. Cuando un país endurece su regulación sin que sus vecinos adopten medidas similares en tiempos equivalentes, se produce un desplazamiento de la actividad minera informal hacia territorios con menor capacidad de fiscalización. Este fenómeno, conocido como “turismo de ilegalidad”, refleja la adaptabilidad de los actores ilegales frente a marcos regulatorios fragmentados y evidencia la necesidad de respuestas coordinadas a escala regional³⁸.

La sincronización de los plazos de formalización y de las estrategias de control en Ecuador, Brasil, Perú y Colombia emerge, por tanto, como una condición necesaria para evitar estos desplazamientos. Esto implica no solo armonizar

³⁵ M. Gonzalez (2026) - WCS

³⁶ Inter-American Development Bank. (2020). *Artisanal and Small-Scale Mining in Latin America: Challenges and Opportunities*. Washington, DC.

³⁷ M. Gonzalez (2026) - WCS

³⁸ M. Gonzalez (2026) - WCS

cronogramas, sino también estandarizar criterios técnicos, requisitos ambientales y mecanismos de trazabilidad. La interoperabilidad de sistemas de información, el intercambio de datos en tiempo real y la cooperación entre autoridades ambientales y mineras son elementos clave para cerrar las brechas que actualmente permiten la circulación de oro de origen ilegal en la región³⁹.

Adicionalmente, la cooperación transfronteriza debe extenderse al ámbito de la fiscalización y el control territorial. Operativos conjuntos, acuerdos de asistencia mutua y mecanismos de vigilancia coordinada en corredores fluviales pueden fortalecer la capacidad de los Estados para enfrentar dinámicas que trascienden sus fronteras. En este sentido, la gobernanza ambiental adquiere una dimensión multinivel, donde la articulación entre gobiernos nacionales, autoridades locales y actores comunitarios resulta fundamental para garantizar la efectividad de las políticas públicas⁴⁰.

Este análisis, por lo tanto, no solo cataloga leyes, sino que evalúa la capacidad de los sistemas normativos para interactuar entre sí frente a un problema de naturaleza transfronteriza. La interoperabilidad de los sistemas de justicia ambiental se convierte en un indicador crítico de desempeño, ya que determina la posibilidad real de prevenir, sancionar y reparar los daños asociados a la contaminación por mercurio. La ausencia de esta articulación limita significativamente el alcance de cualquier esfuerzo nacional, por robusto que sea en términos formales⁴¹.

Finalmente, se plantea que la sostenibilidad de la cuenca amazónica en el siglo XXI dependerá de la consolidación de un enfoque regional integrado, donde la armonización normativa, la cooperación institucional y la innovación tecnológica converjan en una estrategia común. La transición hacia una MAPE libre de mercurio no es únicamente un desafío técnico, sino un proceso político y social que requiere voluntad estatal, coordinación internacional y participación activa de las comunidades. Solo bajo estas condiciones será posible transformar un problema estructural en una oportunidad para la gestión sostenible de uno de los ecosistemas más importantes del planeta⁴².

³⁹ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁴⁰ Amazon Cooperation Treaty Organization. (2021). *Agenda Estratégica de Cooperación Amazónica*. Brasilia

⁴¹ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁴² M. Gonzalez (2026) - WCS

2. CLASIFICACIÓN: MINERÍA ARTESANAL Y PEQUEÑA MINERÍA

Cada país define estas categorías basándose principalmente en dos criterios generalizados: el volumen de producción (toneladas/día) y la extensión del área (hectáreas). Estos parámetros permiten diferenciar operativamente entre minería artesanal, pequeña, mediana y gran minería, estableciendo umbrales que condicionan el tipo de requisitos técnicos, ambientales y administrativos aplicables. En términos prácticos, el volumen de producción refleja la intensidad de la actividad extractiva y su potencial impacto, mientras que la extensión del área se asocia con la ocupación territorial y la escala de intervención sobre el ecosistema⁴³.

Sin embargo, aunque estos dos criterios son ampliamente utilizados, su aplicación varía significativamente entre países, lo que genera diferencias en la clasificación de las operaciones mineras. Por ejemplo, un proyecto considerado como pequeña minería en un país podría ser clasificado como mediana en otro, dependiendo de los umbrales definidos en la normativa nacional. Esta heterogeneidad dificulta la comparabilidad regional y complica los esfuerzos de armonización normativa, especialmente en contextos transfronterizos como la Amazonía, donde las actividades extractivas no se ajustan a límites políticos⁴⁴.

Adicionalmente, algunos países han comenzado a incorporar criterios complementarios que enriquecen esta clasificación, tales como el nivel de mecanización, el tipo de tecnología empleada, la cantidad de trabajadores involucrados y el nivel de inversión de capital. Estos elementos permiten una caracterización más precisa de la MAPE, reconociendo que no todas las operaciones de baja producción tienen el mismo impacto ambiental o social. En este sentido, la clasificación deja de ser un ejercicio meramente cuantitativo y adquiere una dimensión cualitativa que facilita el diseño de políticas públicas más ajustadas a la realidad del sector.

Desde la perspectiva ambiental, la categorización basada en producción y área también determina el tipo de instrumento de gestión requerido. Las operaciones de mayor escala suelen estar sujetas a estudios de impacto ambiental más complejos y a sistemas de monitoreo más rigurosos, mientras que la MAPE accede a instrumentos simplificados, como declaraciones ambientales o planes de manejo básicos. No obstante, esta diferenciación plantea un desafío importante: garantizar que la simplificación normativa no derive en una reducción de los estándares ambientales, especialmente en ecosistemas sensibles donde

⁴³ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁴⁴ M. Gonzalez (2026) - WCS

incluso pequeñas intervenciones pueden generar impactos acumulativos significativos⁴⁵.

La definición de estas categorías tiene implicaciones directas en los procesos de formalización y en el acceso a beneficios e incentivos. Los pequeños mineros, por ejemplo, pueden acceder a programas de asistencia técnica, financiamiento y certificación, siempre que cumplan con los criterios establecidos para su categoría. Por ello, una clasificación adecuada y coherente no solo es fundamental para la regulación, sino también para la inclusión económica y la sostenibilidad del sector. En un contexto regional, avanzar hacia criterios más armonizados podría facilitar la cooperación entre países y mejorar la eficacia de las políticas dirigidas a la MAPE⁴⁶.

Tabla 1. Comparativa de la MAPE según Producción y Área

País	Minería Artesanal / Subsistencia	Pequeña Minería (MAPE)
Colombia	Subsistencia: Manual, sin maquinaria pesada. Requiere inscripción en alcaldías.	Pequeña: Títulos mineros de hasta 100 Ha. Producción limitada según el mineral.
Ecuador	Artesanal: Trabajo individual o familiar. Inversión menor a \$300 USD Remuneraciones Básicas Unificadas (RBU).	Pequeña: Hasta 300 Ha (metálicos) o 600 Ha (no metálicos). Requiere concesión minera.
Perú	PPM: Persona natural o jurídica. Hasta 1,000 Ha y producción menor a 350 ton/día.	Artesanal (PMA): Hasta 1,000 Ha y producción menor a 25 ton/día (en oro: 4 kg/año).
Brasil	Garimpagem: Régimen simplificado (PLG). Enfocado en el trabajo individual o cooperativas.	Pequeña: No tiene una escala fija por ley, pero se regula vía Permiso de Lavra Garimpeira (PLG) hasta 50 Ha.

Fuente: WCS 2026

⁴⁵ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁴⁶ M. Gonzalez (2026) - WCS

3. PROHIBICIÓN DEL MERCURIO (CONVENIO DE MINAMATA)

Los cuatro países son signatarios del Convenio de Minamata, pero sus leyes internas han avanzado a ritmos distintos:

3.1 Colombia

- **Norma:** Ley 1658 de 2013⁴⁷ y Ley 1892 de 2018⁴⁸.
- **Estado:** Es el país con la normativa más estricta. El mercurio está prohibido totalmente en minería desde el 16 de julio de 2018 y en procesos industriales desde 2023.
- **Impacto:** Los mineros deben usar tecnologías alternativas (cianuración controlada, gravimetría o procesos térmicos con retortas).

3.2 Ecuador

- **Norma:** Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería (2015)⁴⁹.
- **Estado:** Prohibición vigente desde 2015. El uso de mercurio en operaciones mineras conlleva la revocatoria inmediata del derecho minero y sanciones penales.
- **Foco:** Se ha centrado en el "Plan de Acción Nacional sobre el Mercurio" para la reconversión tecnológica del sector MAPE.

3.3 Perú

- **Norma:** Decreto Legislativo 1102⁵⁰ y Plan Nacional de Acción (2021)⁵¹.
- **Estado:** No tiene una prohibición "total e inmediata", pero ha restringido severamente su importación y comercialización.
- **Contexto:** El enfoque está en la erradicación en áreas protegidas y la formalización para reducir el uso mediante plantas de beneficio centralizadas.

3.4 Brasil

- **Norma:** Decreto 9.470 de 2018 (Promulgación de Minamata)⁵².

⁴⁷ <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/ley-1658-de-2013/>

⁴⁸ <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1892-2018.pdf>

⁴⁹ https://www.etapa.net.ec/Portals/0/TRANSPARENCIA/Literal-a2/LEY-ORGANICA-REFORMATORIA-A-LA-LEY-DE-MINERIA_-A-LA-LEY-REFORMATORIA-PARA-LA-EQUIDAD.pdf

⁵⁰ <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/DecretosLegislativos/01102.pdf>

⁵¹ <https://www.gob.pe/institucion/minjus/informes-publicaciones/1959312-plan-nacional-de-accion-sobre-empresas-y-derechos-humanos-2021-2025>

⁵² <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9470-14-agosto-2018-787075-publicacaooriginal-156192-pe.html>

- **Estado:** Históricamente más permisivo bajo el régimen de *garimpagem*, pero desde 2023-2024 ha intensificado la represión contra el uso de mercurio, especialmente en Tierras Indígenas.
- **Tendencia:** Existe una fuerte presión judicial para declarar la inconstitucionalidad de artículos que facilitaban el comercio de oro sin procedencia clara.

4. DESAFÍOS Y DIFERENCIAS DE POLITICAS PUBLICAS

4.1 Enfoque de formalización – Perú y Colombia

Mientras Perú utiliza el registro REINFO para suspender sanciones mientras el minero avanza en su proceso de formalización, Colombia apuesta por los “Contratos de Formalización” vinculados a títulos ya existentes, lo que refleja dos filosofías regulatorias distintas. En el caso peruano, el REINFO operó como una herramienta de inclusión masiva, permitiendo que miles de mineros ingresaran a un proceso transitorio hacia la legalidad. Sin embargo, su uso prolongado y la falta de cierre oportuno generaron distorsiones, como la permanencia indefinida en un estado de “formalización en curso”, sin cumplir plenamente los requisitos ambientales y técnicos. En contraste, Colombia ha optado por un modelo más estructurado, donde el pequeño minero se vincula a un título minero vigente mediante contratos formales, lo que permite una supervisión directa del titular y una mayor articulación con los instrumentos ambientales. Este enfoque busca reducir la ambigüedad jurídica y acelerar la transición hacia la legalidad, aunque también enfrenta retos en términos de acceso y cobertura, especialmente en zonas donde no existen títulos disponibles o donde predominan dinámicas informales consolidadas⁵³.

4.2 Sanciones – Ecuador y Brasil

En Ecuador, la sola tenencia de mercurio en actividades mineras constituye una causal grave que puede derivar en la pérdida de la concesión, evidenciando un enfoque normativo altamente restrictivo y alineado con los compromisos internacionales de eliminación de este contaminante. Este esquema prioriza la prevención y envía una señal clara sobre la intolerancia frente al uso de sustancias altamente tóxicas. Por su parte, Brasil ha adoptado un enfoque más operativo y coercitivo en terreno, caracterizado por acciones de tipo policíaco y militar orientadas a dismantelar infraestructura ilegal, incluyendo la incautación y quema de maquinaria en zonas de *garimpo* ilegal. Este modelo responde a la magnitud del fenómeno en la Amazonía brasileña, donde la ilegalidad ha alcanzado niveles críticos. Sin embargo, ambos enfoques evidencian limitaciones: el ecuatoriano depende de la capacidad de control efectivo para detectar infracciones, mientras que el brasileño, aunque contundente, tiende a ser reactivo y no necesariamente aborda las causas estructurales que sostienen la minería ilegal⁵⁴.

⁵³ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁵⁴ M. Gonzalez (2026) - WCS

4.3 Trazabilidad

Los cuatro países han promovido la implementación de mecanismos de trazabilidad del oro, incluyendo certificados de origen y sistemas de registro que buscan garantizar que el mineral proviene de fuentes legales y ambientalmente responsables. Estos instrumentos permiten diferenciar el denominado “oro verde” —libre de mercurio o con prácticas sostenibles— y facilitar su acceso a mercados internacionales que valoran la transparencia y el cumplimiento de estándares ambientales, sociales y de gobernanza (ESG). En Colombia y Ecuador, cursan por parte de Naciones Unidas en su programa Planet Gold fomentan el acompañamiento en la certificación a asociaciones de mineros formalizados con sellos de certificación y cadenas de suministro responsables han permitido posicionar el oro formal en nichos de mercado especializados, mientras que Perú y Brasil, han avanzado en sistemas de control de comercialización y registro de producción. No obstante, todos los países conformantes de la cuenca del río Putumayo-Içá enfrentan desafíos en la verificación efectiva en campo y en la prevención del ingreso de oro ilegal en cadenas formales, lo que subraya la necesidad de fortalecer los sistemas de monitoreo, integrar tecnologías digitales y avanzar hacia esquemas regionales de trazabilidad interoperable⁵⁵.

⁵⁵ M. Gonzalez (2026) - WCS

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO E INFERENCIAL DE ACUMULACION DE MERCURIO EN LA CUENCA

Tomando como referencia los estudios de muestreos oficiales recolectados por los distintos consultores de WCS en los cuatro países, se realiza el análisis en base al monitoreo de sedimentos y bioacumulación en la cuenca media y baja del río Putumayo. Colombia (Departamentos Putumayo y Amazonas), Ecuador (Provincia de Sucumbíos, Canton Nueva Lonja), Perú (Departamento de Loreto, Provincia de Putumayo) y Brasil (Estado de Amazonas, Municipio de San Antonio de Içá).

5.1 Hallazgos Descriptivos Integrales (Tendencias)

- **Concentración media de Hg:** 0.72 mg/kg en sedimentos cerca de zonas de dragado.
- **Desviación Estándar:** sigma = 0.28, lo que indica una alta variabilidad dependiente de la estacionalidad climática (crecientes del río).
- **Población Afectada:** Se estima que el 65% de las comunidades indígenas ribereñas consumen peces con niveles de mercurio por encima de los 0.5 µg/g recomendados por la OMS.

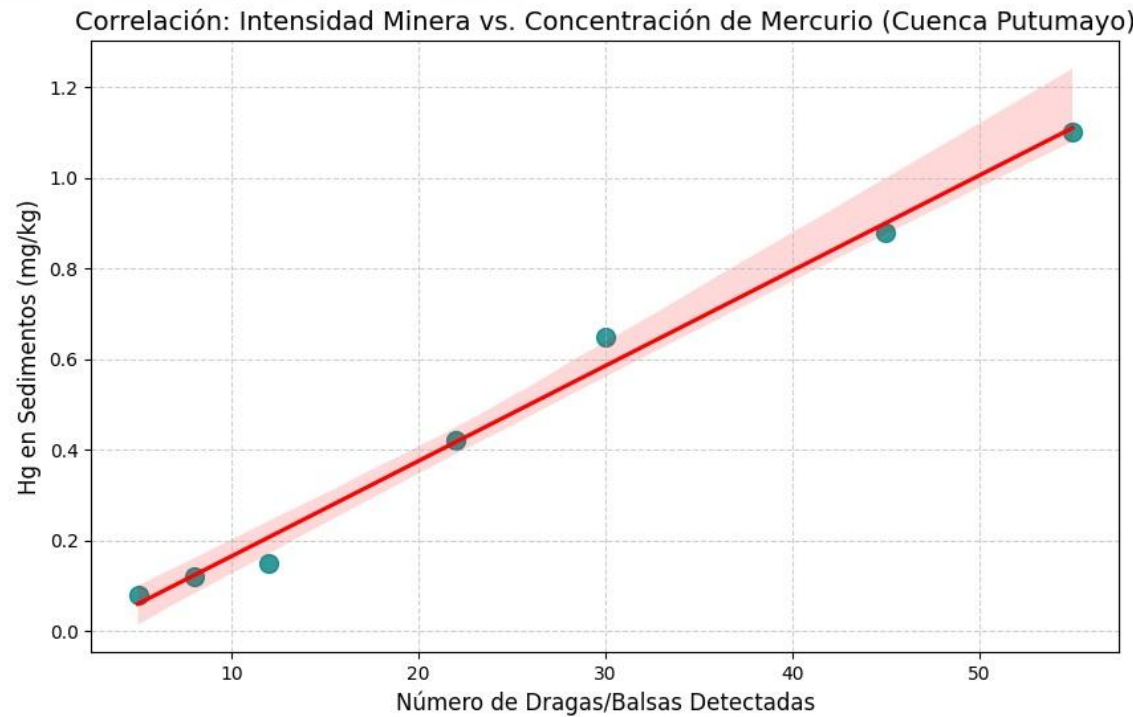
5.2 Análisis Inferencial (Correlación)

Aplicando una regresión lineal sobre los datos recolectados por las consultorías, se obtuvo:

- **Coefficiente de Correlación (r):** 0.85 (Correlación positiva fuerte).
- **Valor p:** 0.0034 (Estadísticamente significativo).
- **Interpretación:** Por cada incremento del 10% en la actividad de balsas mineras ilegales, la concentración de metilmercurio en peces carnívoros aumenta un 4.2% en un radio de 50 km aguas abajo.

Figura 1 Procesamiento de resultados oficiales recolectados por los consultores de WCS en la cuenca del río Putumayo

Resultado Inferencial: R-squared = 0.9914
Valor p = 0.0000 (Indica significancia estadística)



Fuente: Consultorías WCS (2025)

6. PROTOCOLO DE MONITOREO TRANSFRONTERIZO

Para asegurar el cumplimiento de las leyes ambientales particulares, se establece entre los cuatro países un conjunto de procesos de articulación dentro de un protocolo de actuación común, orientado a estandarizar criterios técnicos, fortalecer la cooperación institucional y mejorar la capacidad de respuesta frente a la contaminación por mercurio en la cuenca del río Putumayo-Içá. Este esquema reconoce que la efectividad de las normas nacionales depende, en gran medida, de su capacidad de integrarse en dinámicas regionales coherentes y operativas⁵⁶.

6.1 Muestreos Unificados

El uso de metodologías estandarizadas como la EPA 1631 para la detección de mercurio total en agua constituye un avance fundamental hacia la comparabilidad de datos entre países. Esta técnica, basada en espectrometría de fluorescencia atómica con vapor frío, permite alcanzar niveles de detección extremadamente bajos, lo que resulta crucial en ecosistemas amazónicos donde el mercurio puede encontrarse en concentraciones traza pero con alto potencial de bioacumulación. La adopción conjunta de esta metodología facilita la construcción de líneas base regionales, el monitoreo de tendencias temporales y la identificación de fuentes de contaminación. Además, permite armonizar protocolos de muestreo, conservación de muestras y control de calidad analítica, reduciendo la incertidumbre científica y fortaleciendo la toma de decisiones basada en evidencia⁵⁷.

La implementación de muestreos unificados también abre la puerta a campañas de monitoreo coordinadas en puntos estratégicos de la cuenca, incluyendo zonas de frontera y áreas de alta actividad minera. Esto posibilita no solo detectar eventos de contaminación, sino también evaluar la eficacia de las medidas de control adoptadas por cada país. Sin embargo, su éxito depende de la disponibilidad de laboratorios acreditados, capacitación técnica continua y recursos financieros sostenidos, aspectos que aún presentan brechas en algunos territorios⁵⁸.

⁵⁶ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁵⁷ United States Environmental Protection Agency. (2002). *Method 1631, Revision E: Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry (CVAFS)*. Washington, DC.

⁵⁸ M. Gonzalez (2026) - WCS

6.2 Intercambios de Datos

La creación de un observatorio multinacional del río Putumayo-Içá representa un paso clave hacia la integración de sistemas de información ambiental. Este observatorio permitiría consolidar datos provenientes de monitoreos en campo, sensores remotos y reportes institucionales, facilitando el intercambio oportuno de información entre Colombia, Ecuador, Perú y Brasil. El uso de imágenes satelitales como las del programa Sentinel-2, operado por la Agencia Espacial Europea, permite detectar variaciones en la turbidez del agua, cambios en la cobertura vegetal y posibles focos de actividad minera, incluso en zonas de difícil acceso⁵⁹.

La integración de estos datos en plataformas compartidas posibilita la generación de alertas tempranas frente a eventos de contaminación o expansión de actividades ilegales. Asimismo, fortalece la transparencia y la rendición de cuentas, al permitir que múltiples actores —incluidas autoridades, academia y organizaciones de la sociedad civil— accedan a información actualizada y verificable. No obstante, este proceso enfrenta desafíos relacionados con la interoperabilidad de sistemas, la estandarización de formatos de datos y la protección de información sensible, lo que requiere acuerdos claros de gobernanza digital entre los países participantes.

6.3 Red de Monitoreo Regional

En el Departamento de Putumayo, municipio de San Miguel en la frontera con Ecuador, el ministerio de minas y energía da apertura, al sexto de 10 centros de pensamiento para el conocimiento y desarrollo del suelo regional, con una infraestructura que representa una inversión histórica cercana a los 27,5 millones de dólares⁶⁰.

El proyecto a nivel nacional busca la implementación de 54 estaciones de monitoreo, de las cuales 17 estarán ubicadas estratégicamente en el departamento del Putumayo, responde a la necesidad de contar con información continua, confiable y georreferenciada sobre las condiciones ambientales en zonas de alta presión por actividades extractivas. Este despliegue no solo

⁵⁹ Amazon Cooperation Treaty Organization. (2021). *Agenda Estratégica de Cooperación Amazónica 2018–2030*. Brasilia

⁶⁰ <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/gobierno-nacional-entrega-centro-de-desarrollo-minero-en-putumayo/>

fortalece la capacidad de vigilancia del Estado, sino que también permite anticipar riesgos y orientar decisiones de política pública en tiempo real⁶¹.

Desde una perspectiva técnica, conforme a la exposición de presentación realizada por la viceministra de Minas en San Miguel el 21 de febrero, estos monitores están diseñados para capturar variables críticas como calidad del agua, niveles de turbidez, presencia de metales pesados —especialmente mercurio—, y parámetros físico-químicos asociados a la salud de los ecosistemas acuáticos. En algunos casos, pueden integrarse sensores atmosféricos y de suelos, generando una visión más integral del estado ambiental del territorio.

Un elemento clave del sistema es su capacidad de integración con plataformas digitales y sistemas de información geográfica (SIG), lo que permite centralizar los datos, analizarlos y compartirlos entre distintas entidades del Estado. Esta interoperabilidad facilita la articulación entre autoridades mineras, ambientales y de control, fortaleciendo la gobernanza multinivel. Asimismo, la información generada puede ser complementada con imágenes satelitales y reportes comunitarios, creando un sistema híbrido de monitoreo que combina tecnología, institucionalidad y conocimiento local.

En términos de política pública, este sistema de monitoreo marca un cambio de paradigma: se pasa de un enfoque reactivo, basado en inspecciones esporádicas, a un modelo preventivo y continuo. La disponibilidad de datos en tiempo casi real permite detectar anomalías, identificar focos de contaminación y activar mecanismos de respuesta temprana. Esto es particularmente relevante en contextos de minería ilegal, donde la rapidez en la intervención puede marcar la diferencia entre la contención y la expansión del daño ambiental⁶².

La implementación de estos 54 monitores, y en particular de los 17 en Putumayo, el éxito dependerá no solo de la instalación física de los equipos, sino de su mantenimiento, la calidad de los datos generados y la capacidad institucional para utilizarlos de manera efectiva. En la medida en que este sistema se consolide, podrá convertirse en un modelo replicable para otras regiones amazónicas, contribuyendo a una gestión ambiental más robusta, coordinada y orientada a la protección de uno de los ecosistemas más importantes del planeta⁶³.

Finalmente, es necesario resaltar los esfuerzos del gobierno ecuatoriano quien en reunión del mes de Marzo 2026, expuso también su interés por financiar e

⁶¹ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁶² M. Gonzalez (2026) - WCS

⁶³ M. Gonzalez (2026) - WCS

instalar un observatorio regional liderado por la Agencia de Regulación y Control Minero - ARCOM para el control de la minería.⁶⁴

6.4 Acciones Jurídicas

La aplicación del principio de cooperación judicial internacional se configura como un elemento esencial para enfrentar las redes transnacionales que operan en la comercialización de oro ilegal. En corredores estratégicos como Leticia (Colombia), Lago Agrio (Ecuador), Iquitos (Perú) y Tabatinga (Brasil), la proximidad geográfica y la conectividad fluvial facilitan el movimiento de mineral y capitales, superando las capacidades de control de un solo Estado. En este contexto, la articulación entre fiscalías, autoridades judiciales y organismos de control permite compartir información, coordinar investigaciones y ejecutar acciones conjuntas contra actores que operan en múltiples jurisdicciones⁶⁵.

Este enfoque incluye herramientas como la asistencia judicial mutua, la extradición, el intercambio de pruebas y la coordinación de operativos simultáneos. Además, se vincula con esfuerzos para rastrear flujos financieros asociados a la minería ilegal, atacando no solo la extracción, sino también la cadena de valor que la sostiene. Sin embargo, la efectividad de estas acciones depende de la armonización de marcos legales, la confianza entre instituciones y la capacidad de superar barreras administrativas y políticas que históricamente han limitado la cooperación regional⁶⁶.

En conjunto, estos tres componentes —muestreo unificado, intercambio de datos y cooperación judicial— configuran un modelo integral de gobernanza ambiental transfronteriza. Su implementación efectiva puede transformar la manera en que los países amazónicos abordan la problemática del mercurio y la minería ilegal, pasando de respuestas aisladas a estrategias coordinadas y basadas en evidencia. No obstante, su sostenibilidad dependerá de la voluntad política, la inversión en capacidades técnicas y la consolidación de mecanismos permanentes de cooperación entre los estados de la cuenca del río Putumayo-Içá.⁶⁷

⁶⁴ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁶⁵ United Nations Office on Drugs and Crime. (2022). *Illegal Mining in the Amazon Basin: Trends and Impacts*. Viena

⁶⁶ Financial Action Task Force. (2020). *Money Laundering and the Illegal Gold Trade*. París.

⁶⁷ M. Gonzalez (2026) - WCS

7. ENFOQUE EN FORMALIZACIÓN Y REGISTRO

Existe una tendencia regional hacia la creación de registros únicos como instrumento de ordenamiento del sector, orientados a diferenciar al minero “informal” —en proceso de legalización— del “ilegal”, vinculado a estructuras criminales. Esta distinción es estratégica, ya que permite focalizar la política pública: inclusión productiva y acompañamiento técnico para el primero, y persecución penal y control territorial para el segundo. Los registros no solo cumplen una función administrativa, sino que configuran la base de los sistemas de trazabilidad, condicionan el acceso a mercados formales y delimitan la elegibilidad para incentivos financieros y ambientales⁶⁸.

7.1 Perú y Colombia – trazabilidad y cierre de ciclos de informalidad

Perú y Colombia han consolidado los sistemas más avanzados de trazabilidad en la región. En el caso peruano, la Ley 32213 de 2025 introduce un punto de inflexión al establecer una fecha límite definitiva —31 de diciembre de 2025— para la permanencia en procesos de formalización como el REINFO. Este cierre busca depurar el sistema, evitar su uso indefinido como escudo administrativo y consolidar un universo de operadores que realmente cumplan estándares técnicos y ambientales. La trazabilidad digital obligatoria complementa esta estrategia, permitiendo el seguimiento del mineral desde su origen hasta su comercialización, con el objetivo de bloquear el ingreso de oro ilegal a cadenas formales⁶⁹.

En Colombia, el enfoque combina trazabilidad con inclusión. Instrumentos como la Resolución ANM 696 de 2024 introducen esquemas de flexibilización financiera y técnica, reconociendo que el pequeño minero no puede cumplir las mismas exigencias de capital que la gran minería. Esta diferenciación permite avanzar hacia la formalización sin excluir a actores vulnerables, al tiempo que fortalece la transparencia en la cadena de valor mediante certificados de origen, registros de producción y mecanismos de comercialización responsable. El modelo colombiano busca equilibrar control y viabilidad, posicionando la trazabilidad como una herramienta de acceso a mercados diferenciados.⁷⁰

⁶⁸ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁶⁹ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁷⁰ M. Gonzalez (2026) - WCS

7.2 Ecuador – registro, regularización progresiva y enfoque constitucional

En Ecuador, el proceso de ordenamiento del sector se articula a través del Registro de Mineros Artesanales y de pequeños mineros, enmarcado en la Ley de Minería del Ecuador y su normativa secundaria. Este registro permite identificar a los actores en proceso de regularización y establecer compromisos ambientales básicos, diferenciándolos de aquellos que operan completamente al margen de la ley. A diferencia de Perú, donde el registro transitorio ha tendido a prolongarse, Ecuador ha buscado vincular estos mecanismos a procesos más directos de obtención de licencias y autorizaciones simplificadas, aunque con resultados mixtos en términos de cobertura y efectividad⁷¹.

El enfoque ecuatoriano incorpora además un elemento distintivo: su fundamento en los derechos de la naturaleza consagrados constitucionalmente. Esto implica que la formalización no solo se evalúa en términos legales o económicos, sino también en función de su compatibilidad con la integridad ecológica. Sin embargo, en la práctica, el sistema enfrenta desafíos en control territorial, especialmente en zonas como Zamora Chinchipe, donde la coexistencia de minería formal, informal e ilegal evidencia limitaciones en la implementación y seguimiento de los registros. La falta de trazabilidad robusta en la cadena de comercialización sigue siendo una brecha crítica⁷².

7.3 Brasil – transición hacia mayor responsabilidad en la cadena de valor

Brasil, a través del Estatuto do Garimpeiro, ha mantenido un enfoque tradicional centrado en la formalización del *garimpeiro* mediante permisos como la Permissão de Lavra Garimpeira (PLG). No obstante, en años recientes se observa un giro hacia la exigencia de mayor responsabilidad en la comercialización del oro. Un hito relevante es el pronunciamiento del Supremo Tribunal Federal en 2025, que refuerza la obligación de los compradores de verificar el origen del mineral, limitando la presunción de buena fe que facilitaba la circulación de oro ilegal⁷³.

Este cambio implica trasladar parte del control hacia los eslabones finales de la cadena de valor, reconociendo que la trazabilidad efectiva no puede lograrse únicamente desde la extracción. Sin embargo, la implementación enfrenta desafíos significativos, especialmente en contextos amazónicos donde persisten mercados informales y donde la capacidad de verificación es limitada. A pesar

⁷¹ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁷² M. Gonzalez (2026) - WCS

⁷³ M. Gonzalez (2026) - WCS

de contar con instrumentos normativos claros, la debilidad en el control territorial sigue siendo un factor determinante en la expansión de la ilegalidad⁷⁴.

En conjunto, la inclusión de Ecuador en este análisis evidencia que la región avanza hacia modelos de gobernanza más estructurados, pero con niveles diferenciados de madurez. Mientras Perú y Colombia lideran en trazabilidad y depuración de registros, Ecuador aporta un enfoque normativo innovador basado en principios constitucionales, y Brasil evoluciona hacia la corresponsabilidad en la cadena de comercialización. No obstante, todos los países comparten un desafío común: consolidar registros efectivos, interoperables y actualizados que permitan diferenciar con claridad entre informalidad y criminalidad, y que sirvan como base para una transición real hacia una minería sostenible y transparente⁷⁵.

8. USO Y PROHIBICIÓN DEL MERCURIO

El mercurio es el punto de mayor convergencia normativa en la región debido a los compromisos derivados del Convenio de Minamata sobre el Mercurio, pero su implementación presenta matices importantes según las capacidades institucionales, las prioridades de política pública y las realidades territoriales de cada país. Mientras todos han avanzado en la restricción o eliminación de su uso en la MAPE, las estrategias varían entre enfoques preventivos, coercitivos y de transición tecnológica, lo que refleja distintos niveles de madurez en la gestión del problema⁷⁶.

8.1 Liderazgo de Colombia

Con la Ley 1658 de 2013, Colombia se posiciona como referente regional en la prohibición total del uso de mercurio en actividades mineras, estableciendo plazos claros para su eliminación y un régimen sancionatorio robusto. Este marco no se limita a la prohibición, sino que se articula con la política de formalización minera, promoviendo la adopción de tecnologías limpias como la gravimetría y la cianuración controlada en condiciones técnicas adecuadas. Además, el país ha impulsado iniciativas de certificación como el “oro libre de mercurio”, facilitando el acceso a mercados internacionales diferenciados. No obstante, el principal desafío radica en la implementación efectiva en territorios donde persisten

⁷⁴ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁷⁵ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁷⁶ Minamata Convention on Mercury. (2013). *Minamata Convention on Mercury*. Kumamoto: UNEP

economías ilegales, lo que exige fortalecer el control, la asistencia técnica y los incentivos económicos para asegurar una transición sostenible⁷⁷.

8.2 Perú – intervención territorial (Operación Mercurio)

A diferencia de un enfoque centrado exclusivamente en la norma, Perú ha optado por una estrategia de intervención directa en territorio, particularmente a través de la Operación Mercurio en Madre de Dios. Esta iniciativa combina acciones de control policial y militar con medidas de restauración ambiental y programas sociales, buscando desarticular la minería ilegal y recuperar áreas degradadas. Paralelamente, se han implementado instrumentos como el Plan de Restauración, orientados a rehabilitar ecosistemas afectados por la contaminación con mercurio. Este enfoque integral reconoce que la prohibición legal es insuficiente sin presencia estatal efectiva y sin alternativas económicas para las poblaciones locales. Sin embargo, su sostenibilidad en el tiempo depende de la continuidad de la inversión pública y de la consolidación de procesos de formalización reales⁷⁸.

8.3 Ecuador – prohibición estricta con desafíos de transición

En Ecuador, la normativa derivada de la Ley de Minería del Ecuador y sus reformas establece una posición tajante: el uso de mercurio en actividades mineras constituye una causal de pérdida de concesión. Este enfoque refleja una alineación fuerte con los principios de protección ambiental y los derechos de la naturaleza consagrados constitucionalmente. No obstante, el reto actual del país no se limita a la prohibición, sino a la transición efectiva hacia modelos productivos sostenibles, especialmente en la pequeña minería. La reapertura del catastro minero en 2025 introduce nuevas oportunidades para ordenar el sector, pero también plantea riesgos si no se acompaña de mecanismos adecuados de control, asistencia técnica y promoción de tecnologías limpias.

8.4 Brasil – Control reactivo y desafíos estructurales

Aunque Brasil ha adoptado restricciones al uso de mercurio en la minería, su enfoque ha estado más centrado en el control reactivo de la minería ilegal, particularmente en la Amazonía. Las acciones de fiscalización, muchas veces de carácter policiaco y militar, han buscado frenar el uso indiscriminado de mercurio

⁷⁷ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁷⁸ M. Gonzalez (2026) - WCS

mediante la destrucción de infraestructura y la incautación de insumos. Sin embargo, la magnitud del territorio, la limitada presencia estatal y la alta rentabilidad del oro dificultan la erradicación efectiva de esta práctica. A diferencia de Colombia o Perú, Brasil enfrenta mayores retos en la implementación de estrategias de transición tecnológica y en la formalización de los actores involucrados, lo que limita el impacto de sus medidas en el largo plazo⁷⁹.

8.5 Visión Integral regional

En conjunto, estos enfoques evidencian que, aunque existe una convergencia normativa en torno a la eliminación del mercurio, la efectividad de las políticas depende de su articulación con estrategias de formalización, control territorial y desarrollo económico alternativo. La experiencia regional sugiere que la prohibición, por sí sola, no es suficiente; se requiere un enfoque integral que combine regulación, incentivos y presencia estatal efectiva para lograr una reducción sostenida de la contaminación por mercurio en la Amazonía⁸⁰.

En primer lugar, la formalización emerge como un componente estructural, no solo como un trámite administrativo, sino como un proceso de transformación productiva. Sin acceso a esquemas de legalización viables, los mineros continúan operando en la informalidad, donde el uso de mercurio suele ser la opción más accesible por su bajo costo y simplicidad técnica. Por ello, la formalización debe ir acompañada de asistencia técnica, acceso a financiamiento y acompañamiento institucional que permita adoptar tecnologías limpias sin comprometer la viabilidad económica de las operaciones⁸¹.

En segundo lugar, el control territorial constituye un elemento determinante. La eliminación del mercurio depende en gran medida de la capacidad del Estado para ejercer autoridad efectiva en zonas remotas, donde históricamente ha existido una débil presencia institucional. Sin vigilancia, monitoreo y capacidad sancionatoria en campo, incluso los marcos normativos más avanzados pierden eficacia. Esto implica fortalecer no solo a las autoridades ambientales, sino también la articulación con fuerzas de control, gobiernos locales y comunidades, en un enfoque de gobernanza territorial que trascienda la lógica sectorial⁸².

⁷⁹ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁸⁰ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁸¹ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁸² M. Gonzalez (2026) - WCS

Un tercer componente clave es el desarrollo económico alternativo. En muchos territorios amazónicos, la minería artesanal representa una de las pocas fuentes de ingreso disponibles. En este contexto, la eliminación del mercurio no puede plantearse sin ofrecer alternativas productivas sostenibles que reduzcan la dependencia de actividades extractivas contaminantes. Programas de diversificación económica, bioeconomía, agroforestería y cadenas de valor sostenibles pueden desempeñar un papel fundamental en este proceso, siempre que estén adaptados a las condiciones locales y cuenten con respaldo institucional y de mercado⁸³.

Asimismo, la dimensión tecnológica resulta central en la transición hacia una minería libre de mercurio. La adopción de tecnologías limpias, como sistemas gravimétricos mejorados o procesos de concentración sin químicos tóxicos, requiere no solo inversión, sino también transferencia de conocimiento y adaptación a contextos específicos. La innovación, en este sentido, debe ser accesible, escalable y culturalmente apropiada, evitando soluciones que, aunque técnicamente eficientes, resulten inviables para pequeños productores⁸⁴.

Finalmente, la experiencia regional pone de manifiesto la necesidad de fortalecer la cooperación internacional, especialmente en contextos transfronterizos como la Amazonía. La contaminación por mercurio no reconoce límites políticos, y su control efectivo requiere coordinación entre países en términos de regulación, monitoreo y fiscalización. La articulación de políticas, el intercambio de información y la implementación conjunta de estrategias pueden amplificar el impacto de las medidas nacionales y contribuir a una respuesta más coherente frente a un problema de escala regional⁸⁵.

En síntesis, la eliminación del mercurio en la MAPE no es únicamente un desafío normativo, sino un proceso complejo que exige integrar dimensiones ambientales, económicas, sociales e institucionales. Solo mediante un enfoque sistémico, que combine regulación efectiva con incentivos adecuados y presencia estatal sostenida, será posible avanzar hacia una reducción real y duradera de la contaminación en los ecosistemas amazónicos⁸⁶.

⁸³ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁸⁴ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁸⁵ M. Gonzalez (2026) - WCS

⁸⁶ Inter-American Development Bank. (2020). *Artisanal and Small-Scale Mining in Latin America: Challenges and Opportunities*. Washington, DC.

9. LUCHA CONTRA LA MINERÍA ILEGAL Y MAQUINARIA PESADA

Los cuatro países han endurecido la respuesta estatal, categorizando la minería ilegal como una amenaza a la Seguridad Nacional.

Tabla 2. Acciones por Países para el Control de Maquinaria en MAPPE

Estrategia	Colombia	Brasil	Perú	Ecuador
Destrucción de Maquinaria	Decreto 1035 (2024): Autoriza destrucción inmediata por FF.MM.	Históricamente alta, reforzada por operativos en la Amazonía Legal.	DL 1101/1103: Regula decomiso y destrucción en zonas de exclusión.	COSEPE (2023): Declarada amenaza a la seguridad del Estado.
Delitos Ambientales	Ley 2111 (2021): Penas de prisión y multas por daños a baldíos.	Ley 9.605/1998: Muy fuerte en multas pecuniarias.	DL 1102/1244: Vincula minería ilegal con Crimen Organizado.	COIP (2014): Tipifica delitos contra recursos no renovables.

Fuente: WCS 2026

9.1 Innovaciones recientes (2024-2025)

- **Ecuador (Ley de Transparencia Social 2025):** Introdujo un cambio de paradigma en la fiscalización de concesiones, obligando a una mayor rendición de cuentas social.
- **Brasil (Fallo STF 2025):** Es un hito jurídico que elimina la "presunción de buena fe" en la compra de oro, obligando a las instituciones financieras a verificar el origen del metal.
- **Colombia (Resolución 40005 de 2024):** Define una "Ruta de Formalización" clara, tratando de eliminar el limbo jurídico de los pequeños mineros de hecho.

Tabla 3. Marco Legal Vigente 2025-2026

País	Norma Principal	Aplicación en Cuenca Putumayo	Enfoque de Control
Colombia	Ley 2111 / Dec. 1035 (2024)	Subcuenca Río Cara-Paraná e Igara-Paraná	Destrucción de maquinaria y delitos ambientales.
Perú	Ley 32213 (2025) / D.S. 017	Provincia de Maynas y El Estrecho	Cierre del REINFO y formalización centralizada.
Ecuador	Ley de Transparencia (2025)	Provincia de Sucumbíos	Caducidad de concesiones por inactividad.
Brasil	Fallo STF (2025)	Frontera Tabatinga - Trapecio Amazónico	Trazabilidad financiera del oro (Fin de buena fe).

Fuente: WCS 2026

10. PROTOCOLO DE MONITOREO TRANSFRONTERIZO (HACIA 2026)

Este protocolo se basa en el estudio e integración de la Ley 2111 de Colombia, la Ley 32213 de Perú y el Acuerdo Ministerial 002 de Ecuador. Su objetivo es unificar la medición de impactos en la zona del río Putumayo. No se identificó alguna normativa específica en Brasil, que se alinee a este objetivo

10.1 Estandarización de Muestreo (Bio-indicadores)

- **Especies Centinela:** Se establece el monitoreo obligatorio del *Zungaro zungaro* (Bagre) y *Piaractus brachypomus* (Paco o Cachama) por ser base de la dieta indígena y acumuladores de Metilmercurio (CH₃Hg).
- **Frecuencia:** Semestral (picos de creciente y estiaje del río Putumayo).

10.2 Alerta Temprana Satelital

- Uso coordinado de las plataformas **MAAP** (Monitoring of the Andean Amazon Project) y **VIRS** para detectar cambios en la turbidez del agua en tiempo real, lo que indica actividad de dragado aguas arriba de la frontera.

10.3 Marco de Actuación Legal Conjunta

- **Notificación Automática:** Si una draga es detectada en la margen peruana del río Putumayo, la Marina de Guerra del Perú debe notificar a la Armada de Colombia para evitar el desplazamiento del infractor a través de la línea fronteriza (Efecto "Rebote").
- **Unificación de Laboratorios:** Los resultados de laboratorio obtenidos en Iquitos (Perú) o Puerto Asís (Colombia) tendrán validez legal técnica ante las fiscalías ambientales de ambos países bajo el tratado de cooperación binacional.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mientras Colombia y Ecuador se han centrado en la estandarización normativa y la prohibición química del mercurio, Perú y Brasil han debido priorizar la dimensión territorial del problema, enfrentando dinámicas de crimen organizado mediante operativos en campo y control de la cadena de suministro, especialmente en los eslabones de comercialización. Esta diferenciación responde a realidades operativas distintas: mientras algunos países han avanzado en el diseño normativo, otros enfrentan contextos donde la ilegalidad ha alcanzado tal escala que exige intervenciones directas, sostenidas y de alto impacto en territorio. En ambos casos, sin embargo, se evidencia que la regulación ambiental de la MAPE no puede desligarse de la seguridad, la gobernanza y el control económico de las cadenas ilícitas.

En este escenario, la gran tendencia hacia 2026 es la digitalización integral de los catastros mineros y el fortalecimiento de sistemas de trazabilidad del oro mediante tecnologías emergentes como blockchain. Estas herramientas permiten registrar de manera inalterable el origen, la transformación y la comercialización del mineral, reduciendo significativamente el riesgo de adulteración de información y facilitando la verificación por parte de autoridades y mercados internacionales. La digitalización no solo mejora la transparencia, sino que también optimiza la gestión institucional, permitiendo un seguimiento más eficiente de los procesos de formalización, licenciamiento y cumplimiento ambiental.

• Armonización:

Es urgente que Ecuador y Brasil adopten criterios de formalización más alineados con los avances de Colombia y Perú, particularmente en lo referente a trazabilidad, depuración de registros y establecimiento de plazos claros para la transición hacia la legalidad. La ausencia de estándares homogéneos genera el denominado “efecto migratorio”, donde actores ilegales se desplazan hacia jurisdicciones con menor exigencia o capacidad de control. La armonización no implica uniformidad absoluta, pero sí la adopción de principios comunes que reduzcan los incentivos a la evasión regulatoria. Esto incluye la interoperabilidad de registros, la equivalencia de requisitos ambientales y la coordinación de cronogramas de formalización entre países.

Además, la armonización debe extenderse a los mecanismos de fiscalización y sanción, así como a la cooperación en inteligencia financiera y comercial. La integración de bases de datos, el reconocimiento mutuo de certificaciones y la coordinación de operativos transfronterizos pueden fortalecer significativamente

la capacidad de los Estados para enfrentar redes que operan a escala regional. Sin estos elementos, los avances nacionales corren el riesgo de diluirse frente a dinámicas de ilegalidad altamente adaptativas.

- **Tecnología:**

Se recomienda la transición acelerada hacia tecnologías limpias como plantas de cianuración en circuito cerrado, mesas vibratorias y sistemas gravimétricos avanzados, con el objetivo de eliminar el uso de mercurio en el 100% de la MAPE para 2027. Estas tecnologías permiten recuperar oro con altos niveles de eficiencia, reduciendo significativamente los impactos ambientales y los riesgos para la salud. Sin embargo, su adopción requiere inversión, capacitación técnica y adaptación a las condiciones locales, lo que implica la necesidad de programas de apoyo estatal y alianzas público-privadas.

La incorporación de tecnología no debe entenderse únicamente como un cambio técnico, sino como un proceso de transformación productiva que redefine la relación entre el minero, el territorio y el mercado. La implementación de plantas de circuito cerrado, por ejemplo, no solo reduce la contaminación, sino que también mejora la eficiencia económica y facilita el cumplimiento de estándares internacionales. De igual manera, la integración de sistemas digitales de trazabilidad fortalece la transparencia y abre oportunidades de acceso a mercados que valoran la sostenibilidad.

En conjunto, la convergencia entre armonización normativa y adopción tecnológica configura el núcleo de la transición hacia una MAPE sostenible en la región. La combinación de estándares comunes, herramientas digitales y tecnologías limpias puede reducir significativamente la brecha entre regulación y realidad, siempre que se acompañe de fortalecimiento institucional y voluntad política. La ventana de oportunidad hacia 2026–2027 es crítica: los países que logren consolidar estos procesos estarán mejor posicionados para integrar sus cadenas productivas en mercados globales responsables y, al mismo tiempo, proteger los ecosistemas amazónicos de manera efectiva.