

BARRERAS Y FACILITADORES DE LA TRAZABILIDAD EN LA MINERÍA AURÍFERA ARTESANAL: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA SOBRE LA INTEGRACIÓN EN CADENAS DE SUMINISTRO FORMALES

BARRIERS AND FACILITATORS OF TRACEABILITY IN ARTISANAL GOLD MINING: A SYSTEMATIC REVIEW OF INTEGRATION INTO FORMAL SUPPLY CHAINS

Tipo de Publicación: Artículo Científico

Recibido: 28/03/2026

Aceptado: 29/04/2026

Publicado: 14/06/2026

Código Único AV: e711

Páginas: 1(1506-1522)

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20689089>

Autores:

Yessica Edith Saavedra Vasquez

Contadora Pública

 <https://orcid.org/0009-0005-2551-0431>

E-mail: saavedrayessicaunt@gmail.com

Afiliación: Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Trujillo

País: República del Perú

Heyner Yuliano Marquez-Yauri

Licenciado en Administración

Doctor en Administración

 <https://orcid.org/0000-0002-1825-9542>

E-mail: hmarquez@unitru.edu.pe

Afiliación: Universidad Nacional de Trujillo

País: República del Perú

Sandra Lizzette León Luyo

Licenciada en Administración

Doctora en Administración

 <https://orcid.org/0000-0001-5683-3392>

E-mail: saleon@unitru.edu.pe

Afiliación: Universidad Nacional de Trujillo

País: República del Perú

María Isabel Mino Asencio

Licenciada en Administración

Doctora en Administración

 <https://orcid.org/0000-0003-1132-2243>

E-mail: mmino@unitru.edu.pe

Afiliación: Universidad Nacional de Trujillo

País: República del Perú

Resumen

La gobernanza de las cadenas de suministro de oro enfrenta el desafío de integrar a los mineros artesanales informales en mercados formales, en un contexto marcado por informalidad estructural, desigualdad y presiones regulatorias globales, lo que hace relevante analizar la efectividad de los mecanismos de trazabilidad. El objetivo del presente estudio fue analizar las barreras y facilitadores reportados en la literatura que condicionan la efectividad de dichos mecanismos para vincular a estos productores con compradores formales. Para ello, se desarrolló un artículo de revisión sistemática siguiendo lineamientos metodológicos rigurosos, mediante la selección y análisis de estudios indexados en Scopus entre 2012 y 2026. Los resultados evidenciaron que las barreras regulatorias, económicas, tecnológicas y socioculturales limitan significativamente la implementación efectiva de la trazabilidad, mientras que factores como la gobernanza híbrida, la cooperación multiactor y los incentivos de mercado actúan como facilitadores clave. Asimismo, se identificó que la trazabilidad puede generar efectos ambivalentes, incluyendo procesos de exclusión o cumplimiento meramente formal sin mejoras sustantivas. En conclusión, la efectividad de los mecanismos de trazabilidad depende menos de su sofisticación tecnológica y más de su capacidad para integrarse en estructuras institucionales inclusivas, lo que redefine su papel como herramienta para promover la integración y sostenibilidad en las cadenas de suministro de oro.

Palabras Clave

Trazabilidad, gobernanza, formalización, minería artesanal, inclusión

Abstract

The governance of gold supply chains faces the challenge of integrating informal artisanal miners into formal markets within a context of structural informality, inequality, and global regulatory pressures, making it essential to assess the effectiveness of traceability mechanisms. This study aimed to analyze the barriers and facilitators reported in the literature that condition the effectiveness of such mechanisms in linking these producers with formal buyers. A systematic review article was conducted following rigorous methodological guidelines, based on the selection and analysis of studies indexed in Scopus between 2012 and 2026. The results showed that regulatory, economic, technological, and sociocultural barriers significantly limit the effective implementation of traceability systems, while factors such as hybrid governance, multi-stakeholder collaboration, and market incentives act as key facilitators. Additionally, traceability was found to generate ambivalent effects, including exclusion processes or merely formal compliance without substantive improvements. In conclusion, the effectiveness of traceability mechanisms depends less on technological sophistication and more on their ability to be embedded within inclusive institutional structures, redefining their role as tools for promoting integration and sustainability in gold supply chains.

Keywords

Traceability, governance, formalization, artisanal mining, inclusion

Introducción

La gobernanza de las cadenas de suministro de minerales fue concebida como el eje conceptual central para interpretar los mecanismos que regulaban las interacciones entre actores formales e informales dentro del sector aurífero. En este sentido, El Baz et al., (2021) la caracterizaron como un entramado institucional conformado por disposiciones formales e informales, tanto internas como externas, orientadas a articular los intereses de los distintos actores involucrados y a resguardar los procesos de toma de decisiones a lo largo de la cadena. Bajo esta perspectiva, la trazabilidad se configuró como un instrumento clave para fortalecer la transparencia y la rendición de cuentas.

Desde un enfoque analítico complementario, Schöneich et al., (2023) sostuvieron que la trazabilidad en las cadenas de minerales estuvo condicionada por tres dimensiones interrelacionadas: las dinámicas geopolíticas, las particularidades del sector industrial y los mecanismos de gobernanza privada. Dichos factores incidieron de manera diferenciada en la capacidad de seguimiento de los flujos materiales y en los niveles de responsabilidad corporativa, especialmente en contextos transnacionales. A su vez, Bernards et al. (2020) advirtieron que las soluciones tecnológicas aplicadas a la gobernanza de la sostenibilidad tendieron a “hacer legibles” las economías informales o ilícitas para actores

regulatorios y financieros globales; sin embargo, este proceso no amplió la inclusión, sino que redujo el espectro de participación, consolidando estructuras de poder preexistentes.

La evidencia reciente aportó elementos sustantivos para comprender la relación entre los mecanismos de trazabilidad y la integración de productores artesanales en circuitos formales de comercialización del oro. Bolay (2021) analizó las presiones ejercidas sobre las refinerías auríferas para incorporar procesos de debida diligencia dentro de sus estándares de integridad, evidenciando que la digitalización —incluyendo tecnologías como blockchain— facilitó la liquidez y circulación del oro en mercados globales. No obstante, se observó que los productores artesanales que comercializaban oro físico permanecieron marginados de estos sistemas.

Por otro lado, Hastig & Sodhi (2020), a partir de un análisis temático de literatura académica y profesional, identificaron los principales requisitos organizacionales y factores críticos para la implementación de sistemas de trazabilidad basados en blockchain. Sus hallazgos indicaron que las capacidades empresariales, la cooperación entre actores, el nivel de madurez tecnológica y la calidad de la gobernanza incidieron de manera determinante en la adopción efectiva de dichas herramientas. En una línea crítica, Bernards et al., (2022) evaluaron las iniciativas de blockchain orientadas a la

sostenibilidad en cadenas globales, concluyendo que estas tecnologías reforzaron esquemas tradicionales de auditoría y divulgación que no habían logrado mitigar abusos laborales ni impactos ambientales, configurando lo que denominaron un “velo de transparencia” que, en la práctica, podía ocultar fallas estructurales.

A pesar de los avances documentados, se identificaron vacíos relevantes que justificaron el desarrollo de la presente revisión sistemática. Sovacool et al., (2020) señalaron que, si bien la trazabilidad y las tecnologías basadas en blockchain presentaron potencial —particularmente mediante el uso de algoritmos de inteligencia artificial para el procesamiento de datos—, su eficacia dependió de la calidad y veracidad de la información incorporada en la cadena. Asimismo, destacaron que los procesos de formalización del sector artesanal estuvieron asociados con limitaciones significativas, tales como escasez de permisos, altos costos y procedimientos administrativos extensos.

En concordancia, Kalokoh & Kochtcheeva (2022) evidenciaron que la persistencia de la informalidad en la minería aurífera artesanal, especialmente en contextos como Liberia y Sierra Leona, constituyó un problema estructural que facilitó prácticas de corrupción, contrabando y explotación, debido a la existencia de barreras políticas, institucionales y administrativas que dificultaron una gobernanza efectiva. De igual

manera, Kshetri (2022) documentó que los costos asociados a la participación en programas de trazabilidad no basados en blockchain resultaron prohibitivos para los mineros artesanales —por ejemplo, entre 130 y 180 dólares estadounidenses por tonelada en el sistema ITSCI en Ruanda—, lo cual limitó significativamente su incorporación en cadenas de suministro formales.

En atención a los vacíos identificados, el estudio tuvo como propósito analizar las barreras y los facilitadores reportados en la literatura que condicionaron la efectividad de los mecanismos de trazabilidad en la articulación de mineros artesanales informales con compradores formales dentro de las cadenas de suministro de oro.

Metodología

La presente revisión sistemática se desarrolló siguiendo las directrices establecidas en la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), un protocolo ampliamente reconocido para garantizar la transparencia, replicabilidad y rigor metodológico en revisiones sistemáticas.

La búsqueda se realizó en la base de datos Scopus, seleccionada por su amplia cobertura multidisciplinaria de revistas indexadas en ciencias sociales, ingeniería, gestión de cadenas de suministro y estudios de desarrollo, áreas fundamentales para el objetivo de esta revisión.

Scopus permite además la aplicación de filtros avanzados por tipo de documento, período temporal y área temática, facilitando búsquedas reproducibles y sistemáticas.

La fórmula booleana empleada fue la siguiente: (("gold mining" OR "gold supply chain" OR "artisanal mining" OR "small-scale mining" OR "ASM" OR "ASGM") AND ("traceability" OR "blockchain" OR "due diligence" OR "certification" OR "chain of custody" OR "analytical fingerprint") AND ("informal" OR "formalization" OR "governance" OR "integration" OR "barriers" OR "facilitators"))

Para guiar la revisión sistemática y estructurar el análisis de la literatura, se formularon las siguientes cuatro preguntas de investigación: **PI1:** ¿Qué tipos de mecanismos de trazabilidad (blockchain, huellas analíticas, sistemas de etiquetado, certificación) han sido documentados en la literatura para las cadenas de suministro de oro artesanal entre 2012 y 2026? **PI2:** ¿Cuáles son las principales barreras —regulatorias, económicas, tecnológicas y socioculturales— que limitan la efectividad de los mecanismos de trazabilidad para integrar a mineros artesanales informales en cadenas formales de compra de oro? **PI3:** ¿Qué facilitadores —institucionales, tecnológicos, organizacionales y de mercado— han sido identificados como determinantes para el éxito de los sistemas de trazabilidad en la vinculación de

productores artesanales informales con compradores formales? **PI4:** ¿Qué impactos socioeconómicos sobre los productores artesanales informales han sido reportados como consecuencia de la implementación de mecanismos de trazabilidad en las cadenas de suministro de oro?

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos publicados en revistas científicas indexadas (2012–2026).	Estudios centrados exclusivamente en minería a gran escala sin referencia a minería artesanal o de pequeña escala.
Estudios empíricos, teóricos o revisiones que aborden mecanismos de trazabilidad en cadenas de suministro de oro o minerales artesanales.	Investigaciones sobre trazabilidad en sectores no minerales (agroalimentario, farmacéutico, textil), sin comparación explícita con minería.
Artículos que analicen barreras, facilitadores o impactos de la trazabilidad en productores artesanales informales.	Publicaciones no sometidas a revisión por pares (editoriales, opiniones, resúmenes de conferencias, capítulos de libro, literatura gris).
Publicaciones en idioma inglés o español.	Estudios enfocados exclusivamente en aspectos ambientales o de salud ocupacional sin relación con trazabilidad o modelos de compra.
Artículos originales de investigación y artículos de revisión (tipologías “ar” y “re” en Scopus).	Artículos duplicados o versiones preliminares de estudios incluidos en su versión final.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

La aplicación rigurosa de estos criterios de exclusión permitió delimitar un corpus de estudios directamente relevantes para el análisis de las barreras y facilitadores que condicionan la efectividad de los mecanismos de trazabilidad en la

integración de mineros artesanales informales en cadenas formales de compra de oro (Ver Tabla 1)

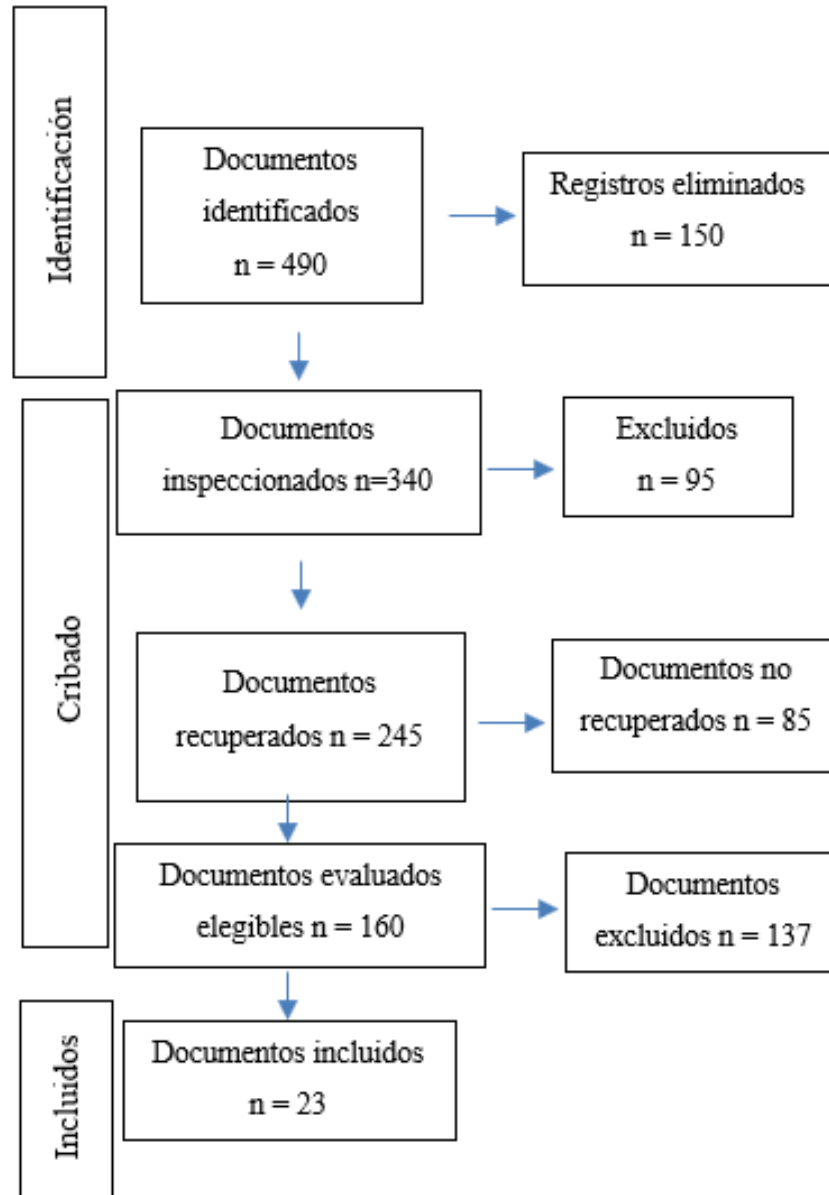


Figura 1. Identificación de estudios que utilizan el método prismático

Resultados

Autor	Mecanismo de trazabilidad (PI1)	Técnica del mecanismo	Actores	Barreras regulatorias (PI2)	Barreras económicas (PI2)	Barreras tecnológicas (PI2)	Barreras socioculturales (PI2)	Facilitadores institucionales (PI3)	Facilitadores tecnológicos (PI3)	Facilitadores organizacionales (PI3)	Facilitadores de mercado (PI3)	Impactos socioeconómicos (PI4)
Hortúa et al., (2022)	Certificación Fairmined	Certificación + gestión minera	Mineros, ONG, Estado	Costos regulatorios	Altos costos	Limitada capacidad	Informalidad	Gobernanza minera	—	Asociatividad	Prima de mercado	Mejora laboral
Bhebhe et al., (2013)	Certificación propuesta	Modelo no implementado	Mineros, Estado	Regulación débil	Pobreza	Baja tecnología	Cultura informal	Regulación estatal	—	Capacitación	—	Impactos negativos
De Jong & Sauerwein (2021)	Cadena de custodia	Registro de producción	Estado, cooperativas	Conflictos legales	Desigualdad	Limitaciones técnicas	Tensiones sociales	Co-gobernanza	Sistemas registro	Cooperativas	Participación	Desarrollo local
Diemel & Hilhorst (2019)	Due diligence	Sistemas OECD/Dodd-Frank	ONGs, empresas	Desalineación	Exclusión	Limitado enfoque	Impactos sociales	Regulación internacional	Sistemas tracking	Multi-actor	Demanda ética	Exclusión
Elbel et al., (2023)	Due diligence UE	Evaluación de riesgos	UE, empresas	Falta inclusión ASM	Pobreza	Acceso limitado	Exclusión social	Normativa UE	Monitoreo	Multi-actor	Mercado responsable	Mejora potencial
Faanu et al., (2026)	Engagement	Participación social	Empresas, comunidad	Débil regulación	Desigualdad	—	Asimetría poder	DDHH	—	Participación	Licencia social	Mejora gobernanza
Fisher (2018)	Fairtrade	Certificación ética	ASM, ONGs	Exclusión legal	Barreras acceso	—	Informalidad	Fairtrade	—	Cooperativas	Precio justo	Mejora parcial
Gyan & Behrends (2024)	Gobernanza híbrida	Formal-informal	Estado, ASM	Burocracia	Costos	—	Normalización informal	Instituciones mixtas	—	Redes	Integración	Subsistencia
Huggins (2023)	Conflict-free	Certificación	ASM, empresas	Débil Estado	Financiamiento informal	Baja tecnología	Violencia	Regulación global	Certificación	Cooperativas	Mercado global	Tensiones



Autor	Mecanismo de trazabilidad (PI1)	Técnica del mecanismo	Actores	Barreras regulatorias (PI2)	Barreras económicas (PI2)	Barreras tecnológicas (PI2)	Barreras socioculturales (PI2)	Facilitadores institucionales (PI3)	Facilitadores tecnológicos (PI3)	Facilitadores organizacionales (PI3)	Facilitadores de mercado (PI3)	Impactos socioeconómicos (PI4)
Huntington & Marple (2020)	Gobernanza consuetudinaria	Normas locales	Comunidades	Desalineación	Baja inversión	Baja tecnología	Cultura local	Instituciones locales	—	Comunidad	Economía local	Cohesión social
Lindagato et al., (2023)	Regulación estatal	Control producción	Estado, ASM	Regulación estricta	Costos	Sistemas registro	Informalidad	Reformas estatales	Monitoreo	Cooperativas	Mercado global	Formalización
Mancini et al., (2021)	Responsibility sourcing	Evaluación social	Empresas, ONG	Desalineación	Ingresos bajos	Limitado monitoreo	Desigualdad	Políticas UE	Evaluación social	Proyectos ASM	Mercado sostenible	Mejora limitada
Müller-Koné (2015)	Certificación conflicto	Control origen	Estado, ONGs	Pluralismo legal	Caída precios	Limitaciones	Redes ilegales	Regulación global	Auditoría	Acuerdos	Mercado global	Exclusión
Vogel et al., (2017)	iTSCi tagging	Etiquetado físico	ASM, empresas	Incompatibilidad	Precios bajos	Logística	Ruptura redes	OECD	Tracking físico	Cooperativas	Mercado ético	Deterioro medios
Mustafa et al., (2024)	Blockchain	Sistema digital	Estados	Falta regulación	Costos	Infraestructura	Brechas	Regulación emergente	Blockchain	Sistemas digitales	Mercado global	Impacto mixto
Mwesiga et al., (2023)	Regulación estatal	Supervisión minera	Estado	Débil institucionalidad	Baja recaudación	Limitaciones	Conflictos	Reformas	Supervisión	Gobernanza	Mercado formal	Mejora ingresos
Nagappa (2023)	Blockchain social	Plataforma descentralizada	Usuarios	Falta regulación	Monetización	Escalabilidad	Fragmentación	Gobernanza distribuida	Blockchain	Comunidad	Incentivos	Economía digital
Nkuba et al., (2021)	No trazabilidad	Fragmentación cadena	ASM	Falta control	Costos	Tecnologías contaminantes	Normalización informal	Convenios	—	Cooperativas	Mercado global	Impacto negativo
Owuor et al., (2025)	Blockchain ASM	Smart contracts	ASM, inversores	Falta regulación	Financiamiento	Infraestructura	Bajo nivel educativo	Políticas ASM	Blockchain	Asociaciones	Mercado premium	Mejora ingresos

Autor	Mecanismo de trazabilidad (PI1)	Técnica del mecanismo	Actores	Barreras regulatorias (PI2)	Barreras económicas (PI2)	Barreras tecnológicas (PI2)	Barreras socioculturales (PI2)	Facilitadores institucionales (PI3)	Facilitadores tecnológicos (PI3)	Facilitadores organizacionales (PI3)	Facilitadores de mercado (PI3)	Impactos socioeconómicos (PI4)
Santos et al., (2026)	Ausencia trazabilidad	Falta control	Mineros ilegales	Vacíos legales	Incentivos mercado	Falta verificación	Exclusión indígena	DDHH	Monitoreo	Gobernanza	Mercado global	Crisis socioambiental
Villanueva et al. (2023)	Trazabilidad performativa	Documentación simulada	ASM, intermedios	Contradicciones normativas	Costos	Verificación limitada	Simulación	Regulación	Información	Intermedios	Mercado global	Exclusión
Vogel & Raeymaekers (2016)	Conflict minerals	Certificación global	Empresas, Estado	Regulación externa	Exclusión	Complejidad	Reconfiguración poder	Dodd-Frank	Tracking	Redes globales	Mercado ético	Exclusión
Zheng et al. (2024)	Blockchain + IoT	Sistema inteligente	Empresas	Regulación tecnológica	Costos	Infraestructura	Brechas	Digitalización	IoT, RFID	Integración	Mercado global	Mejora eficiencia

Tabla 2. Gobernanza y trazabilidad en cadenas de suministro de oro

Discusión de resultados

Los resultados de la presente revisión sistemática evidenciaron que la efectividad de los mecanismos de trazabilidad en la integración de mineros artesanales informales en cadenas formales de suministro de oro estuvo condicionada por la interacción simultánea de barreras regulatorias, económicas, tecnológicas y socioculturales, así como por la presencia de facilitadores institucionales, organizacionales y de mercado.

En este sentido, la trazabilidad no operó como un instrumento técnico autónomo, sino como un dispositivo socio-institucional cuya eficacia dependió de su articulación con estructuras de gobernanza inclusivas y contextos institucionales favorables. Este hallazgo se alineó con lo planteado por El Baz et al., (2021), quienes sostuvieron que la gobernanza de la cadena de suministro constituye un entramado institucional complejo, y con Schöneich et al., (2023), quienes señalaron que la trazabilidad está condicionada por dinámicas geopolíticas, industriales y de gobernanza privada.

En relación con las barreras regulatorias, los resultados mostraron que la complejidad normativa, los altos costos de cumplimiento y la exclusión de la minería artesanal dentro de los marcos legales limitaron significativamente la efectividad de los sistemas de trazabilidad. Este resultado fue consistente con Kalokoh & Kochtcheeva (2022), quienes identificaron que la debilidad institucional

favorece la persistencia de la informalidad, así como con Sovacool et al., (2020), quienes señalaron que los procesos de formalización implican barreras administrativas y burocráticas significativas.

No obstante, se identificaron divergencias en contextos con mayor capacidad estatal, donde la regulación actuó como facilitador, tal como evidenciaron Lindagato et al., (2023) y Mwesiga et al., (2023). Estas diferencias sugirieron que el impacto de la regulación depende de la fortaleza institucional y de la capacidad del Estado para implementar y supervisar eficazmente los mecanismos de trazabilidad.

En el plano económico, se observó que los costos asociados a la implementación de certificaciones, auditorías y tecnologías de trazabilidad constituyeron una barrera crítica para la inclusión de los mineros artesanales. Este hallazgo coincidió con Kshetri (2022), quien documentó los altos costos del sistema ITSCI, y con Fisher (2018), quien evidenció que los beneficios de certificaciones como Fairtrade tienden a concentrarse en actores previamente organizados. Asimismo, los resultados convergieron con Bernards et al., (2020), quienes argumentaron que las soluciones tecnológicas en gobernanza pueden reforzar estructuras de poder existentes en lugar de ampliar la inclusión. En consecuencia, la trazabilidad operó como un mecanismo de selección

económica que favoreció a actores con mayores capacidades organizativas y financieras.

En cuanto a las dimensiones tecnológicas, los resultados indicaron que herramientas como blockchain e IoT presentan un potencial significativo para mejorar la transparencia, la seguridad y la eficiencia en las cadenas de suministro, en concordancia con Hastig & Sodhi (2020) y Zheng et al., (2024). Sin embargo, también se identificaron limitaciones relevantes, como la dependencia de infraestructura digital, la calidad de los datos y las brechas tecnológicas en contextos de minería artesanal.

En este punto, los hallazgos coincidieron con Bernards et al., (2022), quienes introdujeron el concepto de “velo de transparencia”, señalando que estas tecnologías pueden generar una apariencia de control sin resolver problemas estructurales. De este modo, la trazabilidad tecnológica se configuró como una condición necesaria pero no suficiente para la integración efectiva de los mineros artesanales.

Desde una perspectiva sociocultural, se evidenció que la desconfianza hacia las instituciones, la normalización de la informalidad y las asimetrías de poder limitaron la adopción de mecanismos de trazabilidad. Este resultado fue coherente con Gyan & Behrends (2024), quienes destacaron la persistencia de estructuras informales, y con Huntington & Marple-Cantrell (2020), quienes evidenciaron la relevancia de sistemas de

gobernanza consuetudinaria. No obstante, también se identificaron facilitadores asociados a la participación social y la cooperación entre actores, tal como señalaron Faanu et al., (2026), quienes demostraron que el engagement significativo puede fortalecer la rendición de cuentas y la gobernanza.

En términos de facilitadores, la evidencia indicó que la gobernanza híbrida, la asociatividad, la cooperación multiactor y los incentivos de mercado —como primas por oro responsable— desempeñaron un papel clave en la efectividad de los sistemas de trazabilidad. Estos resultados coincidieron con De Jong & Sauerwein (2021), quienes evidenciaron que la co-gobernanza favorece la formalización, y con Bolay (2021), quien destacó el rol de los mercados en la estructuración de la trazabilidad. Sin embargo, también se observó que estos facilitadores pueden ser insuficientes en ausencia de condiciones estructurales adecuadas, particularmente en contextos de informalidad persistente.

Asimismo, emergió un hallazgo crítico relacionado con la “trazabilidad performativa”, en la cual los sistemas de documentación y certificación generan cumplimiento formal sin producir cambios sustantivos en la transparencia o en las condiciones de los mineros. Este resultado se alineó con Villanueva et al., (2023), quienes evidenciaron que la producción de información puede sustituir la transformación real de las prácticas extractivas, lo

que introduce una dimensión crítica que amplía la comprensión tradicional de la trazabilidad.

En relación con los impactos socioeconómicos, los resultados mostraron una naturaleza ambivalente. Por un lado, algunos estudios reportaron mejoras en ingresos, condiciones laborales y acceso a mercados formales (Hortúa et al., 2022; Owuor et al., 2025). Por otro lado, se identificaron efectos negativos, como exclusión, precarización y reproducción de desigualdades (Diemel & Hilhorst, 2019; Santos et al., 2026). Estos hallazgos coincidieron con Vogel & Raeymaekers (2016), quienes argumentaron que los sistemas de certificación pueden reconfigurar las relaciones de poder y generar exclusión, lo que refuerza la idea de que la trazabilidad no es inherentemente inclusiva.

En cuanto a las limitaciones del estudio, se identificó que la dependencia de una única base de datos (Scopus) pudo restringir la cobertura de la literatura relevante. Asimismo, la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos dificultó la comparación directa de resultados, y la predominancia de enfoques cualitativos limitó la posibilidad de estimar magnitudes de efecto. Adicionalmente, se observó un sesgo geográfico hacia África y América Latina, lo que podría afectar la generalización de los hallazgos, así como limitaciones en la calidad y estandarización de los indicadores reportados en algunos estudios. Estas

limitaciones deben ser consideradas al interpretar los resultados y al extrapolar las conclusiones a otros contextos.

A partir de estos hallazgos, se sugiere que futuras investigaciones desarrollen estudios empíricos longitudinales que permitan evaluar el impacto de los mecanismos de trazabilidad en el tiempo, así como enfoques metodológicos mixtos que integren análisis cuantitativos y cualitativos. También resulta pertinente realizar comparaciones entre diferentes contextos institucionales para identificar patrones diferenciados de implementación, así como profundizar en el análisis crítico de tecnologías emergentes como blockchain en términos de inclusión social. Asimismo, se recomienda explorar con mayor profundidad el fenómeno de la trazabilidad performativa y diseñar modelos de gobernanza que integren activamente a los mineros artesanales, superando las limitaciones estructurales identificadas.

En conjunto, los resultados evidenciaron que la efectividad de los mecanismos de trazabilidad no depende exclusivamente de su diseño técnico, sino de su capacidad para articular dimensiones económicas, institucionales y socioculturales. En este sentido, la trazabilidad se configuró como un instrumento condicionado por relaciones de poder, capacidades organizativas y estructuras de mercado, lo que redefine su papel como herramienta para la

integración de los mineros artesanales informales en cadenas de suministro de oro.

Conclusiones

Los resultados de la presente investigación evidenciaron que los mecanismos de trazabilidad en las cadenas de suministro de oro presentan una efectividad heterogénea, condicionada por la interacción de múltiples factores estructurales. Entre los hallazgos más relevantes se identificó que las barreras regulatorias —como la complejidad normativa y la exclusión de la minería artesanal en marcos legales—, las barreras económicas —particularmente los altos costos de certificación y formalización—, las limitaciones tecnológicas —relacionadas con infraestructura y calidad de datos— y las restricciones socioculturales —como la persistencia de la informalidad y la desconfianza institucional— limitan significativamente la capacidad de los sistemas de trazabilidad para integrar a los mineros artesanales en mercados formales.

Asimismo, se determinó que los facilitadores más influyentes incluyen la gobernanza híbrida, la cooperación multiactor, la asociatividad y los incentivos de mercado, aunque su impacto depende de condiciones contextuales específicas. De manera complementaria, se identificó la existencia de fenómenos como la “trazabilidad performativa”, donde los mecanismos de control generan cumplimiento formal sin traducirse en mejoras

sustantivas en transparencia o inclusión, lo cual constituye un aporte relevante para el campo de estudio.

En relación con el objetivo de investigación, orientado a analizar las barreras y facilitadores que condicionan la efectividad de los mecanismos de trazabilidad en la vinculación de mineros artesanales informales con compradores formales, los resultados permitieron concluir que dicha efectividad no depende exclusivamente de la implementación de tecnologías o estándares de certificación, sino de la capacidad de estos sistemas para integrarse en estructuras institucionales inclusivas y adaptadas a las realidades socioeconómicas del sector artesanal.

En este sentido, la evidencia mostró que los mecanismos de trazabilidad tienden a favorecer a actores con mayores capacidades organizativas y financieras, lo que genera dinámicas de exclusión para los productores más vulnerables. Por tanto, la trazabilidad debe ser entendida como un instrumento socio-técnico cuya efectividad está mediada por factores de gobernanza, mercado y contexto local, más que por su sofisticación tecnológica.

El presente estudio se enmarcó dentro de un artículo de revisión sistemática, lo que permitió integrar y analizar de manera rigurosa la evidencia científica disponible sobre los mecanismos de trazabilidad en cadenas de suministro de oro entre

2012 y 2026. Este enfoque metodológico facilitó la identificación de patrones recurrentes, convergencias y divergencias en la literatura, así como la construcción de una visión integral sobre las condiciones que determinan la efectividad de estos sistemas. No obstante, la naturaleza de este tipo de estudio implica limitaciones inherentes, como la dependencia de la calidad y alcance de los estudios disponibles, lo cual debe ser considerado al interpretar los resultados.

Finalmente, los hallazgos del estudio tienen implicaciones relevantes tanto para la investigación académica como para el diseño de políticas públicas y estrategias empresariales en el sector minero. Se sugiere que futuras investigaciones profundicen en el análisis empírico de los impactos de la trazabilidad mediante estudios longitudinales y enfoques metodológicos mixtos, así como en la evaluación crítica de tecnologías emergentes en términos de inclusión social.

Asimismo, resulta necesario explorar modelos de gobernanza que integren de manera efectiva a los mineros artesanales, superando las limitaciones estructurales identificadas. En este contexto, el desarrollo de enfoques más inclusivos y adaptativos podría contribuir a que los mecanismos de trazabilidad cumplan efectivamente su propósito de promover transparencia, sostenibilidad e integración en las cadenas de suministro de oro.

Referencias

- Bernards, N., Campbell-Verduyn, M., & Rodima-Taylor, D. (2022). The veil of transparency: Blockchain and sustainability governance in global supply chains. *Environment and Planning C Politics and Space*, 42(5), 742-760. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1177/23996544221142763>
- Bernards, N., Campbell-Verduyn, M., Rodima-Taylor, D., Duberry, J., DuPont, Q., Dimmelmeier, A., Huetten, M., Mahrenbach, L.C., Porter, T. & Reinsberg, B. (2020). Interrogating Technology-led Experiments in Sustainability Governance. *Global Policy*, 11(4), 523-531. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12826>
- Bhebhe, D., Kunguma, O., Jordaan, A., & Majonga, H. (2013). A case study of the perceived socio-environmental problems caused by illegal gold mining in Gwanda District, Zimbabwe. *Disaster Advances*, 6(10), 70-76.
- Bolay, M. (2021). Fabricating the Integrity of Gold in Refineries: Digital Visibility and Divisibility. *Swiss Journal of Sociocultural Anthropology*, 26, 85-104. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.36950/tsantsa.2021.26.7124>
- De Jong, T. U., & Sauerwein, T. (2021). State-owned minerals, village-owned land: How a shared property rights framework helped formalize artisanal diamond miners in Côte d'Ivoire between 1986 and 2016. *Resources Policy*, 70, 101920. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101920>
- Diemel, J. A., & Hilhorst, D. J. M. (2019). Unintended consequences or ambivalent policy objectives? Conflict minerals and mining reform in the Democratic Republic of Congo. *Development Policy Review*, 37(4), 453-469. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1111/dpr.12372>

- El Baz, J; Jebli, F; Temidayo, A. & Cherrafi, A. (2021). Towards responsible conflict minerals supply chain management: a systematic literature review and a supply chain governance framework. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 32 No. 3 pp. 720–741, Documento en línea. Disponible doi: <https://doi.org/10.1108/IJLM-03-2020-0140>
- Elbel, J., O'Reilly, S. B., & Hrzic, R. (2023). A European Union corporate due diligence act for whom? Considerations about the impact of a European Union due diligence act on artisanal and small-scale cobalt miners in the Democratic Republic of Congo. *Resources Policy*, 81, 103241. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103241>
- Faanu, P., Gyan, A., & Andrews, N. (2026). Meaningful stakeholder engagement as a tool for accountability in the mineral industry. *The Extractive Industries and Society*, 27, 101902. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.exis.2026.101902>
- Fisher, E. (2018). Solidarities at a distance: Extending Fairtrade gold to East Africa. *The Extractive Industries and Society*, 5(1), 81–90. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.exis.2017.08.001>
- Gyan, A., & Behrends, A. (2024). Governing the ungovernable? Conceptualising embeddedness in Ghana's gold mining sector. *The Extractive Industries and Society*, 19, 101484. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.exis.2024.101484>
- Hastig, G. & Sodhi, M. (2020). Blockchain for Supply Chain Traceability: Business Requirements and Critical Success Factors. *Production and Operations Management*, 29(4), 935-954. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1111/poms.13147>
- Hortúa Ocampo, O. A., Botero Montoya, L. H., & Lotero Álvarez, L. (2022). Minería justa como alternativa al desarrollo sostenible para la pequeña minería aurífera en Colombia. *Luna Azul*, (55), 127–146. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.17151/luaz.2022.55.9>
- Huggins, C. (2023). Is collaboration possible between the small-scale and large-scale mining sectors? Evidence from 'conflict-free mining' in the Democratic Republic of the Congo (DRC). *The Extractive Industries and Society*, 13, 101163. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.exis.2022.101163>
- Huntington, H., & Marple-Cantrell, K. (2020). Customary governance of artisanal and small-scale mining in Guinea: Social and environmental practices and outcomes. *Land Use Policy*, 99, 105015.
- Kalokoh, A. & Kochtcheeva, L. (2022). Governing the artisanal gold mining sector in the Mano River Union: A comparative study of Liberia and Sierra Leone. *Journal of International Development*, 34(7), 1398-1413. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1002/jid.3643>
- Kshetri, N. (2022). Blockchain systems and ethical sourcing in the mineral and metal industry: a multiple case study. *The International Journal of Logistics Management*, 33(1), 1-27. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1108/ijlm-02-2021-0108>
- Lindagato, P., Li, Y., Yang, G., & Macháček, J. (2023). An advanced overview of recent developments in tantalum, tin, and tungsten production in Rwanda. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 14(1), 1–26.
- Mancini, L., Eslava, N. A., Traverso, M., & Mathieux, F. (2021). Assessing impacts of responsible sourcing initiatives for cobalt: Insights from a case study. *Resources Policy*, 71, 102015. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102015>
- Müller-Koné, M. (2015). Débrouillardise: Certifying 'conflict-free' minerals in a context of regulatory pluralism in South Kivu, DR Congo. *The Journal of Modern African Studies*, 53(2),

- 145–168. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1017/S0022278X15000178>
- Mustafa, F., Mordi, C., & Elamer, A. A. (2024). Green gold or carbon beast? Assessing the environmental implications of cryptocurrency trading on clean water management and carbon emission SDGs. *Journal of Environmental Management*, 367, 122059. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122059>
- Mwesiga, T. R., Kaswamila, A. L., & Mwakipesile, A. E. (2023). The implications of the Tanzania new mining legislation in enhancing revenue: A case of Geita Gold Mine. *African Journal of Applied Research*, 9(2), 1–11. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.26437/ajar.31.10.2023.01>
- Nagappa, A. (2023). Narratives of change to platform governance on DTube, an emerging blockchain-based video-sharing platform. *Social Media + Society*, 9(3), 1–14. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1177/20563051231196881>
- Nkuba, B., Muhanzi, A., & Zahinda, M. (2021). How do technological changes in artisanal and small-scale gold mining affect the environment and communities' health? *Journal of Cleaner Production* (preprint/working paper context).
- Owuor, D., Taylor, T. K., Simushi, S., & Mutondo, M. (2025). Blockchain-driven sustainable business model for artisanal and small-scale mining operators in Zambia. *Digital Business*, 5, 100153. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2025.100153>
- Santos, S. L., Moxotó, A. C. A., & Dutra, J. M. (2026). Illegal gold mining in the Brazilian Amazon: Environmental degradation in Yanomami Indigenous Lands and regulatory failures. *Sustainable Development*. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1002/sd.70821>
- Schöneich, S., Saulich, C., & Müller, M. (2023). Traceability and foreign corporate accountability in mineral supply chains. *Regulation & Governance*, 17(4), 954-969. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1111/rego.12527>
- Sovacool, B., Ali, S., Bazilian, M., Radley, B., Nemery, B., Okatz, J., & Mulvaney, D. (2020). Sustainable minerals and metals for a low-carbon future. *Science*, 367(6473), 30-33. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1126/science.aaz6003>
- Villanueva Ubillús, A., & Vila Benites, G. (2023). Performing traceability: Unpacking the artisanal and small-scale gold mining (ASGM) trade circuit in Peru. *Journal of Rural Studies*, 102, 103088. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103088>
- Vogel, C., & Raeymaekers, T. (2016). Terr(it)or(ies) of peace? The Congolese mining frontier and the fight against “conflict minerals”. *Antipode*. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1111/anti.12236>
- Vogel, C., Musamba, J., & Radley, B. (2017). A miner's canary in eastern Congo: Formalisation of artisanal 3T mining and precarious livelihoods in South Kivu. *The Extractive Industries and Society*, 4(4), 789–797. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1016/j.exis.2017.09.003>
- Zheng, J., Wang, G., Zhang, Y., Chen, L., Li, X., & Zhang, S. (2024). Security issues of the gold industry chain based on smart blockchain in the context of the Internet of Things. *Scientific Reports*, 14, 2728. Documento en línea. Disponible <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52274-2>