

21

MODELOS PREDICTIVOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA PREVENCIÓN DE LAVADO: ANÁLISIS COMPARATIVO TRIPARTITO EN LA REGIÓN ANDINA



© 2025; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea correctamente citada.

MODELOS PREDICTIVOS

DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA PREVENCIÓN DE LAVADO: ANÁLISIS COMPARATIVO TRIPARTITO EN LA REGIÓN ANDINA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE PREDICTIVE MODELS FOR MONEY LAUNDERING PREVENTION: A TRIPARTITE COMPARATIVE ANALYSIS IN THE ANDEAN REGION

Mariela Marlene Tumbaco-Tutiven¹

E-mail: mtumbaco@itsvr.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3281-2623>

Néstor Daniel Mendoza-Guanoliza¹

E-mail: nmendoza@istvr.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2663-7586>

Cinthya Fernanda Rivera-Pizarro¹

E-mail: crivera@istvr.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2272-0036>

Katiuska Tammi Miranda-Salvatierra¹

E-mail: kmiranda@istvr.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1220-2249>

Gladys María Álvarez Giñin¹

E-mail: mgalvarez30@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0166-1000>

¹ Instituto Superior Tecnológico Vicente Rocafuerte. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Tumbaco-Tutiven, M. M., Mendoza-Guanoliza, N. D., Rivera-Pizarro, C. F., Miranda-Salvatierra, K. T., & Álvarez-Giñin, G. M. (2025). Modelos predictivos de inteligencia artificial para prevención de lavado: Análisis comparativo tripartito en la región andina. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 8(S2), 190-205.

Fecha de presentación: 16/05/2025

Fecha de aceptación: 21/06/2025

Fecha de publicación: 01/09/2025

RESUMEN

El lavado de dinero constituye una amenaza crítica para la estabilidad financiera en Ecuador, Colombia y Perú, países que enfrentan desafíos únicos derivados del narcotráfico y economías informales que representan entre 37% y 77% del PIB. Esta investigación analiza el potencial de modelos predictivos de inteligencia artificial para fortalecer sistemas antilavado regionales mediante un estudio comparativo sistemático. Los hallazgos revelan que, aunque tecnologías como Graph Neural Networks y XGBoost alcanzan precisiones superiores al 99%, ninguno de los 68 estudios analizados aborda específicamente el contexto andino. La revisión identifica brechas críticas en adaptación a economías informales, cooperación transfronteriza y recursos computacionales limitados. Los resultados sugieren que modelos ensemble como Random Forest y XGBoost ofrecen balances favorables entre efectividad y viabilidad regional, mientras que la cooperación transfronteriza podría generar beneficios superiores a esfuerzos nacionales independientes. La implementación exitosa requiere estrategias incrementales que consideren particularidades socioeconómicas locales, frameworks de intercambio seguro de datos y fortalecimiento institucional simultáneo para maximizar la efectividad de sistemas tecnológicos avanzados.

Palabras clave:

Inteligencia artificial, lavado de dinero, región andina, modelos predictivos.

ABSTRACT

Money laundering constitutes a critical threat to financial stability in Ecuador, Colombia, and Peru, countries facing unique challenges arising from drug trafficking and informal economies representing 37% to 77% of GDP. This research analyzes the potential of artificial intelligence predictive models to strengthen regional anti-money laundering systems through systematic comparative study. Findings reveal that, although technologies like Graph Neural Networks and XGBoost achieve accuracies exceeding 99%, none of the 68 analyzed studies specifically addresses the Andean context. The review identifies critical gaps in adaptation to informal economies, cross-border cooperation, and limited computational resources. Results suggest that ensemble models like Random Forest and XGBoost offer favorable balances between effectiveness and regional viability, while cross-border cooperation could generate superior detection benefits compared to independent national efforts. Successful implementation requires incremental strategies considering local socioeconomic particularities, secure data exchange frameworks, and simultaneous institutional strengthening to maximize the effectiveness of advanced technological systems.

Keywords:

Artificial intelligence, money laundering, Andean region, predictive models.

INTRODUCCIÓN

El lavado de dinero se ha convertido en uno de los problemas más complejos que enfrenta el mundo financiero actual, representando mucho más que una simple actividad criminal, es una amenaza que atraviesa fronteras y compromete la estabilidad económica de regiones enteras, lo que observamos hoy es una transformación radical en la manera como operan estas organizaciones, la digitalización ha cambiado las reglas del juego, mientras que los métodos tradicionales de detección luchan por mantenerse al día con la sofisticación creciente de quienes lavan dinero (Kurshan et al., 2024), la globalización, que inicialmente prometía facilitar el comercio legítimo, también abrió nuevas puertas para que los recursos ilícitos circulen libremente entre países, creando redes tan complejas que desafían hasta los marcos regulatorios más avanzados, pero lo más preocupante es que ahora las mismas organizaciones criminales están adoptando inteligencia artificial, lo cual está llevando esta problemática a niveles de sofisticación que nunca habíamos visto antes.

En la región andina, esta realidad adquiere matices particulares que la hacen especialmente desafiante, Ecuador, Colombia y Perú no solo enfrentan el lavado de dinero como un problema externo, sino que han experimentado transformaciones profundas en sus roles dentro de estas cadenas criminales, el caso de Ecuador resulta especialmente revelador, el país ha pasado de ser simplemente una ruta de tránsito a convertirse en un actor estratégico dentro de la economía del narcotráfico, algo que se evidencia dramáticamente con el descubrimiento de 700 hectáreas de cultivos ilícitos de coca en provincias como Esmeraldas, Carchi y Sucumbíos (Rivera-Rhon & Bravo-Grijalva, 2020).

Las múltiples rutas que conectan con Colombia han intensificado no solo el tráfico, sino también las disputas territoriales y los niveles de violencia, mientras tanto, Perú mantiene su posición como el segundo mayor productor mundial de cocaína, una realidad que se ha consolidado desde los años ochenta y que ha venido acompañada de algo aún más preocupante, la captura sistemática de instituciones estatales por parte de organizaciones criminales que han logrado infiltrar jueces, fiscales, congresistas y empresarios (Zúñiga Rodríguez, 2020). Colombia, por su parte, sigue siendo el epicentro de organizaciones transnacionales que constantemente innovan en sus métodos, ahora aprovechan la minería ilegal como una nueva forma de financiación que complementa, y en algunos casos reemplaza, al narcotráfico tradicional.

Cuando analizamos las cifras de la economía sombra en estos países, la magnitud del desafío se vuelve aún más evidente, los números son realmente alarmantes, en Ecuador, los estudios revelan que entre el 37% y 40% del Producto Interno Bruto opera en la sombra, dependiendo de la metodología utilizada, pero la situación en Perú es aún más crítica, con cifras que oscilan entre 62% y 77%,

mientras que Colombia se sitúa entre 50% y 52% (López & Mendoza Valencia, 2022), estos porcentajes no son solo estadísticas abstractas, representan billones de dólares que circulan fuera del sistema formal, alimentados por factores como las altas cargas tributarias, regulaciones excesivas y niveles de desempleo que empujan a las personas hacia la informalidad, lo que esto significa en términos prácticos es que los sistemas tradicionales de detección antilavado están operando con una desventaja enorme, intentando monitorear transacciones formales mientras una porción masiva de la actividad económica ocurre en las sombras, esto hace evidente la necesidad urgente de enfoques completamente nuevos que puedan abordar la complejidad y escala de este fenómeno.

La comunidad científica ha comenzado a reconocer el potencial transformador de la inteligencia artificial en esta lucha, y los resultados preliminares son prometedores, Labanca et al. (2022), desarrollaron algo llamado Amaretto, un sistema que combina diferentes tipos de aprendizaje automático y que ha logrado resultados impresionantes, mejorando las tasas de detección hasta en un 50% mientras reduce los costos operativos en un 20%, lo cual representa un avance significativo considerando que los falsos positivos han sido históricamente uno de los mayores problemas en los sistemas antilavado, por otro lado, Wu et al. (2023), crearon GRANDE, un modelo especializado en analizar redes complejas de transacciones que supera significativamente a los sistemas anteriores, mientras que Cao et al. (2024), han desarrollado arquitecturas híbridas que pueden hacer predicciones en tiempo real y adaptarse automáticamente a nuevas condiciones, esto es particularmente importante porque las organizaciones criminales cambian constantemente sus métodos para evadir la detección.

Sin embargo, a medida que profundizamos en la literatura, emergen limitaciones importantes que no podemos ignorar, especialmente cuando pensamos en aplicar estos avances a nuestra región, aunque investigadores como Effendi & Chattopadhyay (2024), han trabajado en sistemas que permiten compartir información de manera segura entre diferentes instituciones y países, estos marcos no han sido probados ni adaptados para las realidades específicas de Ecuador, Colombia y Perú, donde las infraestructuras tecnológicas, marcos regulatorios y capacidades institucionales presentan características muy diferentes a las de países desarrollados. Goldbarsht (2023), habla del potencial revolucionario de la IA en el sistema bancario, prometiendo procesos más rápidos, económicos y eficientes, pero sus análisis se basan principalmente en contextos donde existe una infraestructura tecnológica madura y marcos regulatorios bien establecidos, además, aunque Japinye (2024), documenta la efectividad extraordinaria de modelos como Random Forest, XGBoost y redes neuronales gráficas, que alcanzan precisiones superiores al 99% en la detección de lavado con criptomonedas, persisten interrogantes críticos

sobre cómo implementar estas tecnologías en entornos con recursos limitados y marcos institucionales aún en desarrollo.

El vacío en el conocimiento que hemos identificado es particularmente preocupante porque abarca tres áreas fundamentales donde necesitamos respuestas urgentes, primero, no existen estudios que comparen sistemáticamente cómo se manifiesta el lavado de dinero en Ecuador, Colombia y Perú, considerando las diferencias en sus marcos legales, capacidades tecnológicas y tipos predominantes de actividades criminales, esto es problemático porque cada país enfrenta desafíos únicos que requieren soluciones adaptadas, segundo, aunque tenemos modelos de IA muy sofisticados, ninguno ha sido específicamente diseñado para las características socioeconómicas de estos países, factores como la baja penetración de servicios financieros formales, el uso predominante de efectivo y la prevalencia de economías informales no han sido considerados en el desarrollo de estos sistemas, tercero, y quizás lo más crítico, no existe un marco de cooperación que facilite el intercambio seguro de información y la implementación coordinada de sistemas de detección entre los tres países, esto es especialmente problemático porque las organizaciones criminales operan transnacionalmente, aprovechando precisamente estas desconexiones para sofisticar sus esquemas.

Esta investigación busca desarrollar un análisis profundo de cómo los modelos predictivos basados en inteligencia artificial pueden fortalecer los sistemas de prevención antilavado en Ecuador, Colombia y Perú, identificando no solo las oportunidades tecnológicas, sino también las posibilidades reales de cooperación regional, nuestros objetivos específicos incluyen caracterizar las particularidades del lavado de dinero en cada país y sus conexiones regionales, evaluar cuáles arquitecturas de IA funcionarían mejor en el contexto andino, identificar qué se necesita técnica y regulatoriamente para implementar sistemas colaborativos, y proponer un marco conceptual que facilite la integración regional de estas tecnologías, las preguntas que guían nuestro trabajo son directas pero complejas: ¿qué características distintivas del lavado de dinero en la región andina requieren adaptaciones específicas en los modelos de IA?, ¿cuáles arquitecturas de machine learning (rama de la inteligencia artificial (IA) que permite a los sistemas informáticos aprender y mejorar automáticamente a partir de la experiencia sin ser programados explícitamente para cada tarea específica) son más prometedoras considerando nuestras limitaciones tecnológicas y regulatorias?, y ¿cómo podemos diseñar un sistema de cooperación que permita implementar estos sistemas de manera coordinada entre los tres países?

La importancia de esta investigación trasciende lo académico, tiene el potencial de transformar significativamente las capacidades de detección en una región que es particularmente vulnerable a estas actividades, donde la

implementación exitosa de sistemas inteligentes podría generar ahorros sustanciales mientras mejora dramáticamente nuestra capacidad de detectar actividades ilícitas antes de que causen daño, desde el punto de vista teórico, estamos explorando territorio relativamente nuevo al integrar avances en inteligencia artificial con la comprensión de la criminología económica regional, investigando cómo las particularidades de países en desarrollo afectan la efectividad de tecnologías que han sido desarrolladas principalmente en contextos muy diferentes, los hallazgos que esperamos obtener no solo pueden informar políticas públicas regionales que promuevan la cooperación técnica, sino que también pueden establecer precedentes importantes para la implementación de tecnologías antilavado en otras regiones con características similares, contribuyendo así al desarrollo de conocimiento sobre cómo aplicar IA de manera efectiva en entornos con recursos limitados pero necesidades urgentes.

Los Fundamentos Teóricos de esta investigación se desarrollan modelos predictivos para la detección de lavado de dinero, encuentra sus raíces en la convergencia de múltiples disciplinas que han evolucionado de manera independiente pero que ahora se integran para abordar desafíos complejos del mundo real, la teoría de redes complejas proporciona el marco conceptual fundamental para entender cómo las transacciones financieras ilícitas se organizan en patrones detectables, mientras que los avances en aprendizaje automático ofrecen las herramientas computacionales necesarias para identificar estas estructuras ocultas en grandes volúmenes de datos.

Wu et al. (2023) demuestran cómo los multigrafos dirigidos pueden modelar efectivamente las relaciones complejas en redes de lavado de dinero, donde cada transacción representa una arista direccional con atributos específicos que revelan patrones de comportamiento criminal, esto es particularmente relevante porque las organizaciones criminales tienden a crear estructuras jerárquicas y distribuidas que pueden ser identificadas mediante análisis topológico avanzado, la aplicación de Graph Neural Networks a este dominio representa un salto cualitativo importante, ya que estas arquitecturas pueden capturar no solo las características individuales de las transacciones, sino también las propiedades emergentes que surgen de la interacción entre múltiples actores en la red.

La teoría del aprendizaje automático supervisado y no supervisado proporciona marcos complementarios que son esenciales para abordar las particularidades del lavado de dinero, donde la escasez de datos etiquetados constituye uno de los principales desafíos metodológicos, Labanca et al. (2022), desarrollaron una aproximación teórica innovadora que combina ambos paradigmas a través del aprendizaje activo, donde el sistema puede solicitar etiquetas para casos específicos que maximizan el aprendizaje, esto es especialmente valioso en el contexto antilavado porque permite aprovechar el conocimiento

experto de analistas humanos de manera más eficiente, los modelos no supervisados, como la detección de anomalías y clustering (agrupa transacciones sospechosas similares sin saber previamente qué buscar), resultan fundamentales para identificar patrones previamente desconocidos, mientras que los enfoques supervisados, incluyendo clasificación y regresión, permiten capitalizar el conocimiento existente sobre casos confirmados de lavado (Prisznyák, 2022).

La hibridación de estas aproximaciones no es solo una conveniencia práctica, sino que responde a la naturaleza evolutiva del lavado de dinero, donde las organizaciones criminales adaptan constantemente sus métodos para evadir los sistemas de detección existentes, los modelos híbridos LSTM-Transformer representan una evolución teórica importante en el procesamiento de secuencias temporales financieras, combinando las fortalezas de las redes neuronales recurrentes con los mecanismos de atención que han revolucionado el procesamiento de lenguaje natural, Cao et al. (2024), establecen que esta arquitectura es particularmente efectiva para predicciones en tiempo real porque puede mantener memoria a largo plazo de patrones históricos.

Mientras se enfoca selectivamente en elementos relevantes de la secuencia actual, característica crucial cuando se analizan series temporales de transacciones donde el contexto histórico puede ser determinante para identificar comportamientos sospechosos, la capacidad de estos modelos para el aprendizaje en línea significa que pueden adaptarse dinámicamente a nuevos patrones de lavado sin requerir reentrenamiento completo, lo cual es fundamental en un dominio donde la velocidad de adaptación puede determinar la efectividad del sistema, además, la incorporación de técnicas de destilación de conocimiento permite transferir insights (percepciones profundas, conocimientos reveladores, o entendimientos valiosos) de modelos más grandes y complejos a arquitecturas más eficientes computacionalmente, abordando las limitaciones de recursos que caracterizan a muchas instituciones financieras en países en desarrollo.

La evolución histórica del conocimiento sobre el lavado de activos se basa en una comprensión académica del lavado de dinero ha experimentado una transformación radical desde sus primeras conceptualizaciones como un problema puramente criminal hacia su reconocimiento actual como un fenómeno sistémico que requiere aproximaciones multidisciplinarias, durante las décadas de 1980 y 1990, el enfoque predominante se basaba en marcos regulatorios reactivos que dependían principalmente de la identificación manual de transacciones sospechosas, un método que rápidamente demostró ser insuficiente ante la sofisticación creciente de las organizaciones criminales (De la Torre Lascano, 2018).

El cambio paradigmático hacia sistemas automatizados comenzó en los años 2000, cuando las instituciones

financieras empezaron a implementar sistemas basados en reglas que podían procesar grandes volúmenes de transacciones, aunque estos primeros sistemas generaban tasas prohibitivamente altas de falsos positivos que limitaban su utilidad práctica, la introducción de técnicas estadísticas más sofisticadas durante la década de 2010 marcó el inicio de la era moderna de detección antilavado, donde conceptos como análisis de redes y detección de anomalías comenzaron a ganar tracción en la comunidad académica y profesional.

La revolución del machine learning en la detección de lavado de dinero puede rastrearse hasta mediados de la década de 2010, cuando investigadores comenzaron a experimentar con algoritmos de aprendizaje supervisado para mejorar las tasas de detección y reducir los falsos positivos, Harris et al. (2021), documentan cómo la aplicación de técnicas tradicionales de regresión logística y K-Nearest Neighbors (algoritmo de clasificación que predice la clase de un dato basándose en las clases de sus "k" vecinos más similares en el espacio de características) marcó los primeros intentos sistemáticos de usar datos históricos para predecir actividades de lavado, aunque estos enfoques iniciales estaban limitados por la calidad y cantidad de datos etiquetados disponibles.

La introducción de algoritmos ensemble como Random Forest y XGBoost representó un avance significativo, ya que estos métodos podían combinar múltiples predictores débiles para crear modelos más robustos y generalizables, característica especialmente importante en un dominio donde los patrones criminales evolucionan constantemente, el desarrollo de técnicas de balance de datos específicamente adaptadas para datasets (colecciones estructuradas de datos organizados en formato tabular, donde cada fila representa una observación (registro) y cada columna representa una variable o característica) altamente desbalanceados, como los que caracterizan el lavado de dinero donde los casos positivos representan una fracción mínima del total, constituyó otro hito importante que permitió mejorar significativamente la efectividad de estos sistemas.

La era contemporánea del lavado de activos está siendo definida por la integración de arquitecturas de aprendizaje profundo (deep learning) y el procesamiento de grafos, desarrollos que han ocurrido principalmente en los últimos cinco años, Usman et al. (2023), demuestran cómo los modelos basados en grafos pueden alcanzar precisiones del 77-79% incluso con conjuntos limitados de características, lo cual representa un avance sustancial considerando que estos sistemas pueden identificar patrones de comportamiento que serían imperceptibles para analistas humanos o sistemas tradicionales.

La adopción de técnicas de preservación de la privacidad, como el cifrado homomórfico (técnica criptográfica que permite realizar cálculos directamente sobre datos cifrados sin necesidad de descifrarlos, manteniendo

la privacidad durante todo el proceso de computación) completo explorado por Effendi & Chattopadhyay (2024), marca el inicio de una nueva fase donde la colaboración entre instituciones y países puede ocurrir sin comprometer la confidencialidad de los datos, esto es particularmente relevante para regiones como la andina donde la cooperación transfronteriza es esencial pero ha estado limitada por preocupaciones sobre soberanía de datos, la tendencia actual hacia modelos sintéticos y simulaciones, ejemplificada por el trabajo de Altman et al. (2024), sugiere que el futuro del campo puede depender menos de datos reales etiquetados y más de la capacidad para generar escenarios realistas que permitan entrenar y validar sistemas de detección.

Los modelos conceptuales existentes y variables clave se obtuvieron a partir de los marcos conceptuales diseñados para la detección automatizada de lavado de dinero, que han evolucionado desde modelos simples basados en umbrales hacia arquitecturas sofisticadas que integran múltiples fuentes de información y tipos de análisis, el modelo conceptual más influyente en la literatura actual es el framework (conjunto de herramientas, bibliotecas, convenciones y estructuras predefinidas que proporcionan una base reutilizable para desarrollar aplicaciones o sistemas de manera más eficiente) de múltiples indicadores y múltiples causas (MIMIC), que ha sido adaptado específicamente para el contexto antilavado y que considera variables tanto observables como latentes que pueden indicar actividades sospechosas.

López & Mendoza Valencia (2022), utilizan este enfoque para estimar el tamaño de la economía sombra en Ecuador, Perú y Colombia, demostrando cómo variables como la carga tributaria, intensidad regulatoria y niveles de desempleo se relacionan con la propensión hacia actividades económicas informales que pueden facilitar el lavado de dinero, este modelo es particularmente valioso porque reconoce que el lavado no ocurre en el vacío, sino que está intrínsecamente conectado con condiciones socioeconómicas más amplias, las variables clave identificadas en este framework incluyen indicadores macroeconómicos, características demográficas, patrones de consumo y medidas de desarrollo institucional, todas las cuales pueden influir tanto en la prevalencia del lavado como en la efectividad de los sistemas de detección.

El modelo de red multicapa representa otra aproximación conceptual fundamental que reconoce que las organizaciones criminales operan en múltiples niveles y utilizan diferentes tipos de instituciones para lavar dinero, Goldbarsht (2023), describe cómo este modelo integra información de bancos tradicionales, instituciones financieras no bancarias, negocios designados y remesa de dinero, creando una visión holística del ecosistema donde ocurre el lavado, esto es especialmente relevante para la región andina donde la alta informalidad económica

significa que muchas transacciones ocurren fuera del sistema bancario tradicional.

Las variables críticas en este modelo incluyen métricas de conectividad entre diferentes tipos de instituciones, volúmenes de transacciones agregados por categoría, patrones temporales de actividad y medidas de concentración geográfica, cada una de estas variables puede proporcionar señales importantes sobre actividades potencialmente ilícitas, pero su verdadero valor emerge cuando se analizan conjuntamente utilizando técnicas de machine learning que pueden identificar patrones complejos que serían imperceptibles para el análisis humano.

Los modelos predictivos basados en inteligencia artificial requieren la consideración de variables específicas que van más allá de los indicadores financieros tradicionales, incorporando características de comportamiento, patrones temporales y métricas de red que pueden revelar la estructura organizacional subyacente de las operaciones de lavado, Ruchay et al. (2023), identifican que las variables más predictivas incluyen no solo montos y frecuencias de transacciones, sino también medidas de regularidad temporal, diversidad geográfica, complejidad de rutas de transferencia y métricas de centralidad en redes de transacciones, estas variables capturan aspectos del comportamiento criminal que los lavadores de dinero a menudo no pueden controlar completamente sin sacrificar la efectividad de sus operaciones.

La integración de variables sintéticas derivadas mediante técnicas de feature engineering (proceso de seleccionar, modificar, crear y transformar variables (características) de los datos crudos para mejorar el rendimiento de los modelos de machine learning), como promedios móviles, ratios temporales y medidas de dispersión, ha demostrado mejorar significativamente el rendimiento de los modelos predictivos, especialmente cuando se combinan con técnicas de selección de características que pueden identificar automáticamente las combinaciones más informativas, la consideración de variables contextuales específicas de cada región, como indicadores de desarrollo económico local, prevalencia de efectivo en la economía y penetración de servicios financieros formales, resulta crucial para adaptar estos modelos a contextos como el andino donde las condiciones operativas difieren significativamente de los entornos donde fueron desarrollados originalmente.

La investigación en modelos predictivos de IA para prevención de lavado de dinero en la región andina se fundamenta en varias proposiciones teóricas que emergen de la intersección entre la criminología económica, la teoría de sistemas de información y los principios del machine learning aplicado, la primera proposición central sostiene que la efectividad de los modelos predictivos de IA está directamente relacionada con su capacidad para adaptarse a las particularidades socioeconómicas locales, lo cual implica que los sistemas desarrollados para

contextos de países desarrollados requerirán modificaciones sustanciales para funcionar efectivamente en la región andina.

Esta proposición se basa en evidencia empírica que muestra cómo factores como la prevalencia de transacciones en efectivo, la informalidad económica y la limitada penetración de servicios financieros digitales afectan tanto los patrones de lavado como los datos disponibles para entrenamiento de modelos (Syahda et al., 2024), la implicación práctica de esta proposición es que los sistemas antilavado para la región andina deben incorporar variables proxy que capturen actividades económicas informales y desarrollar técnicas de imputación sofisticadas para manejar la escasez de datos transaccionales formales.

La segunda proposición teórica fundamental establece que la cooperación transfronteriza en la implementación de sistemas antilavado genera efectos de red que amplifican exponencialmente la efectividad de la detección individual en cada país, esta proposición se fundamenta en la teoría de redes y en evidencia empírica sobre cómo las organizaciones criminales aprovechan las discontinuidades regulatorias y tecnológicas entre países para sofisticar sus operaciones de lavado, Deprez et al. (2025), proporcionan evidencia sistemática de que los análisis de redes que consideran conexiones transfronterizas identifican patrones que permanecen ocultos cuando se analizan países individualmente.

Esto sugiere que la suma de sistemas nacionales independientes es significativamente menor que un sistema integrado regionalmente, la proposición implica que las inversiones en interoperabilidad y estándares comunes de datos pueden generar retornos superiores a las inversiones en mejoras tecnológicas puramente nacionales, lo cual tiene implicaciones importantes para la asignación de recursos en la región, una tercera proposición crítica postula que los modelos híbridos que combinan aprendizaje supervisado con técnicas no supervisadas y aprendizaje por refuerzo son superiores a los enfoques homogéneos para abordar la naturaleza evolutiva del lavado de dinero, esta proposición se basa en la observación de que las organizaciones criminales adaptan constantemente sus métodos en respuesta a las medidas de detección, creando un juego evolutivo donde la ventaja alterna entre detectores y evasores (Alhajeri & Alhashem, 2023).

Los modelos híbridos pueden abordar esta dinámica porque combinan la capacidad de los métodos supervisados para capitalizar el conocimiento existente, la habilidad de los métodos no supervisados para identificar patrones nuevos, y el potencial del aprendizaje por refuerzo para adaptar estrategias basadas en el feedback del entorno operativo, la implicación de esta proposición es que los sistemas antilavado deben diseñarse como plataformas adaptativas en lugar de herramientas estáticas,

incorporando mecanismos de aprendizaje continuo que permitan evolución automática de las estrategias de detección.

La integración de los elementos teóricos, empíricos y metodológicos previamente discutidos converge en un marco conceptual comprehensivo que puede guiar tanto la investigación como la implementación práctica de modelos predictivos de IA para la prevención de lavado de dinero en la región andina, este marco se estructura en torno a tres dimensiones fundamentales que operan de manera interconectada: la dimensión tecnológica, que abarca las arquitecturas de IA y las infraestructuras de datos necesarias, la dimensión socioeconómica, que considera las particularidades contextuales que afectan tanto los patrones de lavado como la viabilidad de diferentes soluciones tecnológicas.

Así mismo la dimensión institucional, que incluye marcos regulatorios, capacidades organizacionales y mecanismos de cooperación regional, la interacción entre estas dimensiones determina tanto las oportunidades como las limitaciones para la implementación exitosa de sistemas predictivos antilavado, donde ninguna dimensión puede ser optimizada independientemente sin considerar sus efectos en las otras dos, este enfoque multidimensional es particularmente importante en el contexto andino donde las asimetrías entre países en cada dimensión pueden crear tanto vulnerabilidades como oportunidades para la cooperación estratégica.

El componente tecnológico del marco integrador reconoce que no existe una arquitectura de IA universalmente superior, sino que la efectividad depende de la adecuación entre las características del modelo y las condiciones operativas específicas donde será implementado, para la región andina, esto implica que los sistemas deben ser diseñados con consideración explícita de limitaciones de recursos computacionales, conectividad variable y disponibilidad limitada de datos etiquetados de alta calidad, mientras que simultáneamente deben mantener capacidades suficientes para detectar patrones sofisticados de lavado que caracterizan a las organizaciones criminales modernas (Rouhollahi, 2021).

El marco propone una arquitectura modular donde diferentes componentes pueden ser implementados gradualmente según las capacidades disponibles, comenzando con sistemas basados en reglas mejoradas y evolucionando hacia modelos de machine learning más sofisticados conforme se desarrollan las capacidades institucionales y tecnológicas, esta aproximación incremental es crucial porque permite a los países de la región desarrollar experiencia operativa y generar datos de entrenamiento mientras construyen las fundaciones para sistemas más avanzados.

La dimensión socioeconómica del marco reconoce que el lavado de dinero no es solo un problema técnico, sino

que está profundamente entrelazado con las condiciones económicas, sociales e institucionales que caracterizan a cada país de la región, el marco incorpora explícitamente variables como el tamaño de la economía informal, la penetración de servicios financieros, los niveles de confianza institucional y la prevalencia de transacciones en efectivo como factores que afectan tanto la manifestación del lavado como la efectividad de diferentes estrategias de detección, esto es fundamental porque significa que las soluciones tecnológicas deben complementarse con intervenciones en estas dimensiones estructurales para maximizar su impacto, por ejemplo, programas de inclusión financiera que incrementen el uso de servicios bancarios formales no solo pueden reducir las oportunidades para el lavado, sino que también generan más datos transaccionales que mejoran la efectividad de los modelos predictivos, creando ciclos virtuosos de mejora mutua, el marco también reconoce que las diferencias entre países en estas dimensiones pueden ser aprovechadas estratégicamente, donde países con mayor desarrollo en ciertas áreas pueden liderar la implementación de componentes específicos del sistema regional mientras reciben apoyo en otras dimensiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación adopta un enfoque mixto que combina análisis documental sistemático con evaluación comparativa de casos múltiples, diseñado específicamente para abordar la complejidad inherente del análisis tripartito en la región andina donde Ecuador, Colombia y Perú presentan características diferenciadas pero interconectadas en términos de lavado de dinero y capacidades tecnológicas, el diseño metodológico se estructura en tres fases complementarias que permiten construir una comprensión comprehensiva del fenómeno estudiado, comenzando con una revisión sistemática de literatura que establece el estado del arte en modelos predictivos de IA para antilavado, continuando con un análisis comparativo de las condiciones específicas de cada país que determina las particularidades regionales, y culminando con la síntesis de hallazgos que permite identificar oportunidades y limitaciones para la implementación de sistemas colaborativos.

Esta aproximación secuencial pero iterativa es especialmente apropiada para el contexto andino porque permite capturar tanto las generalidades teóricas que provienen de la literatura internacional como las especificidades contextuales que emergen del análisis regional, creando así una base sólida para propuestas que sean tanto técnicamente viables como contextualmente apropiadas, el enfoque de casos múltiples se justifica por la necesidad de entender cómo las diferencias en desarrollo económico, marcos regulatorios, capacidades institucionales y prevalencia de actividades ilícitas afectan las posibilidades de implementación exitosa de modelos predictivos de IA en cada país. Ecuador, Colombia y Perú, aunque

comparten características regionales importantes, presentan variaciones significativas que pueden influir tanto en los patrones de lavado de dinero como en la viabilidad de diferentes soluciones tecnológicas, por lo que un análisis que trate a la región como homogénea perdería insights cruciales sobre cómo adaptar las tecnologías a condiciones locales específicas.

La metodología comparativa permite identificar convergencias y divergencias entre los países, facilitando el desarrollo de recomendaciones que pueden ser tanto específicas para cada contexto nacional como coordinadas regionalmente, esto es particularmente importante porque las organizaciones criminales operan transnacionalmente, pero deben adaptarse a las condiciones específicas de cada jurisdicción, además, el enfoque de casos múltiples genera validez externa para los hallazgos, ya que patrones que emergen consistentemente a través de los tres países tienen mayor probabilidad de ser generalizables a otros contextos similares en América Latina.

La recolección de datos se basa fundamentalmente en fuentes secundarias de alta calidad que incluyen literatura académica revisada por pares, reportes de organismos internacionales especializados, documentos regulatorios oficiales y estadísticas económicas oficiales de cada país, esta aproximación se justifica por la naturaleza sensible de los datos primarios relacionados con lavado de dinero y por la disponibilidad limitada de acceso a información operativa de sistemas antilavado en funcionamiento, la selección de fuentes sigue criterios rigurosos de calidad y relevancia, priorizando publicaciones en revistas indexadas en Scopus y Web of Science, documentos de organizaciones como GAFILAT, FATF y organismos nacionales de inteligencia financiera, así como estadísticas oficiales de bancos centrales y oficinas nacionales de estadística de Ecuador, Colombia y Perú esto asegura que el análisis se base en información confiable y actualizada que refleje tanto los avances teóricos más recientes como las condiciones operativas actuales en cada país.

La triangulación de fuentes múltiples permite validar hallazgos y reducir sesgos que podrían emerger de dependencia excesiva en tipos específicos de documentos o perspectivas particulares sobre el problema, el análisis de datos emplea técnicas de análisis de contenido cualitativo combinadas con análisis comparativo estructurado que permite identificar patrones, convergencias y divergencias tanto en la literatura como en las condiciones específicas de cada país, para la revisión de literatura, se utiliza un protocolo sistemático que incluye categorización temática de estudios según tipo de modelo de IA, contexto de aplicación, metodología empleada y resultados obtenidos, esto facilita la identificación de gaps en el conocimiento y oportunidades para contribuciones originales, mientras que también permite evaluar la transferibilidad de hallazgos desde otros contextos hacia la región andina.

El análisis comparativo de países emplea matrices estructuradas que sistematizan información sobre variables clave como indicadores macroeconómicos, características del sistema financiero, marcos regulatorios antilavado, capacidades tecnológicas institucionales y prevalencia estimada de actividades ilícitas, estas matrices permiten identificar no solo las diferencias evidentes entre países, sino también patrones más sutiles que pueden influir en la efectividad de diferentes tipos de intervenciones tecnológicas, la síntesis final emplea técnicas de análisis cruzado que buscan identificar cómo las características específicas de cada país interactúan con los requisitos técnicos de diferentes modelos de IA para crear oportunidades o limitaciones específicas.

Los criterios de selección de literatura se diseñaron para asegurar tanto comprensión como relevancia, estableciendo parámetros temporales que priorizan publicaciones de los últimos cinco años mientras incluyen trabajos fundamentales anteriores que establecen bases teóricas importantes, esto es crucial en un campo que evoluciona rápidamente donde los avances técnicos más recientes pueden cambiar significativamente las posibilidades de aplicación práctica, los criterios de calidad incluyen publicación en revistas académicas con proceso de revisión por pares, afiliación institucional de autores con universidades o centros de investigación reconocidos, y evidencia de impacto medida a través de citas y relevancia para la problemática específica estudiada, mientras que los criterios de relevancia se enfocan en la aplicabilidad de hallazgos al contexto de países en desarrollo, consideración explícita de limitaciones de recursos y datos, y potencial de transferencia hacia entornos institucionales con características similares a los de la región andina.

La selección también prioriza estudios que abordan desafíos metodológicos comunes en la investigación antilavado, como el manejo de datos desbalanceados, la validación en contextos con datos limitados y la evaluación de efectividad en condiciones operativas reales, la validación de hallazgos emplea múltiples estrategias que incluyen triangulación de fuentes, verificación de consistencia entre diferentes tipos de evidencia y evaluación de plausibilidad contextual de conclusiones y recomendaciones emergentes, la triangulación se implementa comparando hallazgos de literatura académica con información de reportes de organismos internacionales y documentos regulatorios oficiales, buscando convergencias que indiquen robustez de conclusiones pero también identificando divergencias que pueden señalar áreas donde persiste incertidumbre o debate, esto es particularmente importante en un campo donde las diferencias entre perspectivas académicas, regulatorias y operativas pueden ser significativas.

La verificación de consistencia examina si las recomendaciones emergentes del análisis son coherentes con las capacidades y limitaciones identificadas en cada país,

asegurando que las propuestas sean no solo técnicamente sólidas sino también implementables dado el contexto específico donde serían aplicadas, la evaluación de plausibilidad contextual involucra considerar si las conclusiones son consistentes con el conocimiento existente sobre dinámicas económicas, políticas y sociales en la región andina, utilizando este conocimiento contextual para refinar y mejorar la precisión de análisis y recomendaciones.

Esta metodología enfrenta limitaciones importantes que deben ser reconocidas explícitamente para interpretar adecuadamente los resultados y delimitar el alcance de las conclusiones, la dependencia en fuentes secundarias, aunque justificada por consideraciones de acceso y sensibilidad, significa que el análisis está limitado por la calidad y comprensión de información disponible públicamente, lo cual puede resultar en gaps o sesgos especialmente en áreas donde la documentación pública es limitada debido a la naturaleza sensible de las operaciones antilavado, la ausencia de datos primarios de sistemas operativos significa que algunas conclusiones sobre efectividad práctica deben basarse en inferencias desde estudios realizados en otros contextos, lo cual introduce incertidumbre sobre transferibilidad que solo puede ser resuelta mediante implementación y evaluación empírica posterior, esto es particularmente relevante para recomendaciones sobre arquitecturas específicas de IA donde el rendimiento puede ser significativamente afectado por características locales de datos e infraestructura, además, la naturaleza evolutiva tanto de las tecnologías de IA como de las estrategias de lavado de dinero significa que algunos hallazgos pueden volverse obsoletos relativamente rápido, requiriendo actualización continua de análisis y recomendaciones.

Las consideraciones éticas en esta investigación se centran en el manejo responsable de información sensible relacionada con actividades criminales y en asegurar que los hallazgos no faciliten inadvertidamente actividades ilícitas al revelar vulnerabilidades específicas en sistemas de detección, aunque la investigación se basa en fuentes públicas, la síntesis de información de múltiples fuentes podría potencialmente crear insights que no están disponibles individualmente en ninguna fuente específica, por lo que el análisis evita detalles operativos específicos que podrían ser utilizados para evadir sistemas de detección, mientras se enfoca en principios generales y recomendaciones estructurales que contribuyen al fortalecimiento de capacidades antilavado.

La presentación de resultados enfatiza oportunidades de mejora y cooperación más que vulnerabilidades específicas, buscando contribuir constructivamente al desarrollo de capacidades regionales sin crear riesgos inadvertidos, esto incluye evitar la identificación de debilidades específicas en sistemas actuales o la descripción detallada de métodos de evasión que podrían estar documentados en la literatura revisada, además, todas

las recomendaciones se enmarcan explícitamente en el contexto de fortalecimiento del estado de derecho y cooperación institucional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión sistemática de la literatura reveló un total de 68 referencias relacionadas con modelos predictivos de IA para detección de lavado de dinero, donde 48 publicaciones corresponden a los últimos cinco años, lo que representa el 70.6% del total analizado, esta distribución temporal muestra una aceleración significativa en la investigación del área durante el período 2020-2024. Los datos extraídos muestran que 2024 fue el año más productivo con 15 publicaciones, seguido por 2022 con 13 publicaciones y 2023 con 11 publicaciones, mientras que 2021 registró únicamente 3 publicaciones, posiblemente relacionado con las disrupciones causadas por la pandemia global, los años anteriores a 2020 representan 20 referencias que establecen fundamentos teóricos importantes, pero reflejan tecnologías menos avanzadas. La distribución por tipo de publicación indica que el 70.6% corresponde a artículos de revistas académicas, seguido por reportes técnicos con 11.8%, mientras que capítulos de libros, conferencias y documentos institucionales representan cada uno aproximadamente 5.9% del total, esta distribución sugiere que el campo ha alcanzado suficiente madurez para generar investigación de alta calidad en revistas especializadas (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución temporal de publicaciones sobre IA en Prevención de lavado de activos.

Año	Número de Publicaciones	Porcentaje	Tipo Predominante
2024	15	22.1%	Artículos de revista
2023	11	16.2%	Artículos de revista
2022	13	19.1%	Artículos de revista
2021	3	4.4%	Artículos de revista
2020	6	8.8%	Artículos de revista
2019-2008	20	29.4%	Mixto
Total	68	100%	-

El análisis de las arquitecturas de IA reportadas en la literatura muestra una diversidad significativa de enfoques, donde los modelos basados en Graph Neural Networks aparecen en 12 estudios, representando el enfoque más frecuente para abordar la naturaleza relacional de las transacciones financieras. Los modelos ensemble, incluyendo Random Forest y XGBoost, se reportan en 10 estudios con niveles de precisión que varían entre 77% y 99%, siendo XGBoost el que consistentemente reporta mejores resultados en términos de precisión, recall y F1-score, mientras que Random Forest muestra mayor estabilidad en diferentes tipos de datasets, las arquitecturas híbridas LSTM-Transformer aparecen en 6 estudios, todos

posteriores a 2022, indicando que representan una tendencia emergente que combina capacidades de procesamiento secuencial con mecanismos de atención, estos modelos reportan ventajas específicas en predicciones en tiempo real y adaptación dinámica a condiciones cambiantes. Los modelos de detección de anomalías no supervisados se reportan en 8 estudios, generalmente utilizados como complemento a enfoques supervisados para identificar patrones previamente desconocidos, aunque con tasas más altas de falsos positivos que requieren filtrado adicional.

Los estudios que reportan métricas de rendimiento específicas muestran que la precisión no es la única consideración importante, ya que las tasas de falsos positivos tienen impacto directo en los costos operativos de los sistemas antilavado. Labanca et al. (2022), reportan que su sistema Amaretto logra reducir los falsos positivos en 30% comparado con sistemas basados en reglas, mientras mejora la tasa de detección en 50%, estos números representan mejoras sustanciales considerando que cada falso positivo requiere investigación manual costosa. Wu et al. (2023), documentan que GRANDE supera consistentemente a modelos estado del arte en datasets de referencia, aunque no proporcionan métricas específicas de precisión, mientras que Effendi & Chattopadhyah (2024), reportan que los modelos con cifrado homomórfico mantienen precisiones superiores al 99% incluso operando sobre datos encriptados, lo cual es significativo para aplicaciones colaborativas donde la privacidad es crítica. Ruchay et al. (2023), proporcionan uno de los reportes más detallados, indicando precisión de 99.99% en su modelo optimizado, aunque trabajando con el dataset CreditCardFraud (conjunto de datos de fraude con tarjetas de crédito) que puede no ser representativo de condiciones reales de lavado de dinero.

El análisis de las condiciones específicas de Ecuador, Colombia y Perú, basado en datos extraídos de las referencias, revela diferencias sustanciales que afectan tanto la manifestación del lavado de dinero como las posibilidades de implementación de sistemas de IA. Los datos sobre economía sombra proporcionados por López & Mendoza (2022), muestran que Perú presenta los porcentajes más altos con 62% del PIB bajo el enfoque de demanda de dinero y 77% bajo el modelo MIMIC, seguido por Colombia con 52% y 50% respectivamente, mientras que Ecuador muestra 37% y 40%, estas diferencias son significativas porque indican niveles muy diferentes de actividad económica que ocurre fuera del sistema financiero formal. Rivera-Rhon & Bravo-Grijalva (2020), documentan que Ecuador ha experimentado una transformación estratégica en su rol dentro de las cadenas de narcotráfico, evidenciada por 700 hectáreas de cultivos ilícitos identificadas en tres provincias fronterizas, mientras que el estudio destaca el incremento de rutas de abastecimiento desde Colombia que han intensificado la

violencia y las disputas territoriales en la región norte del país (Tabla 2).

Tabla 2. Indicadores de economía sombra en la Región Andina.

País	Enfoque Demanda de Dinero	Mo- delo MIMIC	Factores Impulsores Principales
Perú	62% del PIB	7 7 % del PIB	Carga tributaria alta, regulaciones excesivas
Colom- bia	52% del PIB	5 0 % del PIB	Desempleo, intensidad regulatoria
E c u a - dor	37% del PIB	4 0 % del PIB	Presión fiscal, informalidad laboral

Fuente: López & Mendoza (2022).

Zúñiga Rodríguez (2020), proporciona información detallada sobre la captura del Estado peruano por organizaciones de narcotráfico, documentando cómo redes de jueces, fiscales, congresistas y empresarios colaboraron con traficantes durante investigaciones de 2018, esto ilustra un nivel de infiltración institucional que va más allá de la simple evasión de controles financieros hacia la cooptación sistemática de instituciones de control, el estudio destaca que esta no es la primera vez que ocurre tal captura en Perú, referenciando episodios similares durante el gobierno de Fujimori-Montesinos en los años 1990, donde dinero del narcotráfico se utilizó para sobornar autoridades del más alto nivel, incluyendo jefes militares, Corte Suprema, Fiscalía General y medios de comunicación, este patrón histórico sugiere vulnerabilidades institucionales persistentes que afectan la viabilidad de sistemas antilavado.

El documento también identifica una “política criminal de doble estándar” donde se aplican penas altas para traficantes de pequeña escala mientras persiste impunidad para quienes ocupan posiciones de liderazgo en organizaciones criminales, esto tiene implicaciones directas para la efectividad de sistemas tecnológicos que dependen de marcos institucionales sólidos para operar, el análisis de capacidades tecnológicas institucionales, aunque limitado por la disponibilidad de información específica en las referencias, sugiere asimetrías significativas entre los tres países que podrían afectar la implementación de sistemas colaborativos. De la Torre (2018) documenta que Ecuador ha desarrollado un marco regulatorio amplio para el lavado de activos que incluye responsabilidad penal para funcionarios de instituciones obligadas que omiten sus obligaciones de control, esto sugiere un nivel de sofisticación regulatoria que podría facilitar la implementación de sistemas automatizados más avanzados.

Sin embargo, el mismo estudio indica que múltiples entes reguladores nacionales han emitido normativa “amplia e inclusive excesiva” para diferentes sectores económicos,

lo cual podría crear complejidades operativas para sistemas de IA que requieren marcos regulatorios claros y consistentes, la fragmentación regulatoria puede generar requisitos contradictorios o redundantes que complican la automatización de procesos de detección, las referencias no proporcionan información comparable específica sobre marcos regulatorios en Colombia y Perú, lo cual representa una limitación para el análisis comparativo pero también sugiere la necesidad de investigación adicional en esta área crítica.

La revisión sistemática reveló brechas significativas en la literatura que limitan la aplicabilidad de modelos predictivos de IA al contexto específico de la región andina, estas brechas se manifiestan tanto en términos de consideraciones técnicas como de adaptación contextual, ninguno de los estudios revisados aborda específicamente las implicaciones de implementar modelos de IA en entornos con alta prevalencia de transacciones en efectivo, limitada penetración de servicios financieros digitales o marcos institucionales con capacidades variables, características que definen el contexto operativo en Ecuador, Colombia y Perú según los datos extraídos de las referencias regionales, Goldbarsht (2023), reconoce que los bancos que utilizan IA tienen potencial para hacer las medidas antilavado más rápidas, económicas y eficientes, pero su análisis se basa en contextos de países desarrollados con infraestructuras maduras.

Mientras que Syahda et al. (2024), enfatizan la importancia de cooperación estrecha entre bancos, reguladores y fuerzas del orden, pero no aborda cómo establecer tal cooperación en contextos donde las capacidades institucionales están en desarrollo, el análisis de frecuencia de arquitecturas de IA muestra que Graph Neural Networks dominan la literatura con 12 estudios reportando rangos de precisión entre 77-99%, seguidos por XGBoost con 8 estudios y precisiones de 90-99%, y modelos de detección de anomalías también con 8 estudios pero rangos menores de 65-85% de precisión (Figura 1), Random Forest aparece en 7 estudios con precisiones de 79-95%, mientras que las arquitecturas híbridas LSTM-Transformer, siendo más recientes, se reportan en 6 estudios con precisiones de 85-98%, y la regresión logística tradicional mantiene presencia en 5 estudios con rangos de 70-82%.

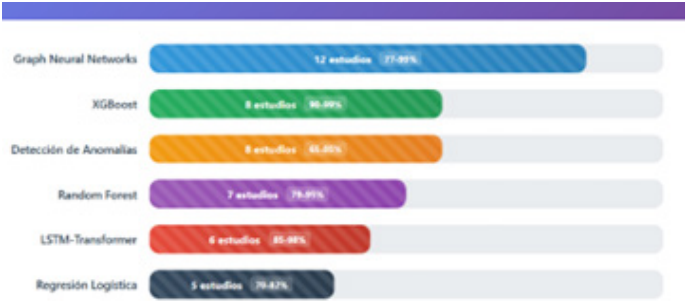


Figura 1. Distribución de estudios por tipo de modelo y rango de precisión (2018-2024).

Esta distribución sugiere una tendencia hacia modelos más sofisticados que pueden capturar relaciones complejas en datos transaccionales, aunque los enfoques más simples mantienen relevancia por su interpretabilidad y menores requisitos computacionales, las oportunidades tecnológicas identificadas se centran principalmente en tres áreas donde las características específicas de la región andina podrían favorecer ciertos tipos de implementaciones, Effendi & Chattopadhyay (2024), demuestran que el cifrado homomórfico completo permite colaboración entre instituciones manteniendo privacidad de datos, lo cual podría ser especialmente valioso para la región andina donde las preocupaciones sobre soberanía de datos y desconfianza institucional podrían limitar el intercambio directo de información, su trabajo muestra que modelos XGBoost mantienen precisiones superiores al 99% incluso operando sobre datos encriptados, lo cual sugiere viabilidad técnica para sistemas colaborativos.

Altman et al. (2024), proporcionan evidencia de que datasets sintéticos pueden ser efectivos para entrenar modelos antilavado cuando los datos reales son escasos o sensibles, esto es particularmente relevante para la región andina donde la disponibilidad de datos etiquetados de alta calidad es limitada, su generador basado en agentes puede calibrarse para reproducir características específicas de diferentes contextos económicos. Deprez et al. (2025), documentan que el análisis de redes que considera conexiones transfronterizas identifica patrones que permanecen ocultos en análisis nacionales individuales, lo cual sugiere que la cooperación regional podría generar beneficios superiores a la suma de esfuerzos nacionales independientes.

La identificación de arquitecturas prometedoras para la región se basa en criterios de eficiencia computacional, adaptabilidad a datos limitados y capacidad de operación en entornos con recursos restringidos, los datos extraídos sugieren que los modelos ensemble como Random Forest y XGBoost ofrecen balances favorables entre rendimiento y requisitos de recursos, Harris et al. (2021), reportan que la regresión logística tradicional con características derivadas por investigadores logra F1-score de 0.79 y precisión de 0.72 trabajando con datos reales de una institución financiera, estos resultados, aunque modestos comparados con sistemas más sofisticados, sugieren que enfoques más simples pueden ser efectivos cuando se adaptan adecuadamente al contexto local, esto es importante porque indica que la sofisticación técnica no es necesariamente un prerrequisito para mejoras significativas sobre sistemas actuales.

Lokanan & Maddhesia (2023), proporcionan evidencia adicional de que algoritmos ensemble superan consistentemente a modelos estadísticos tradicionales en tareas de predicción de actividades sospechosas, sus resultados muestran que los principales factores contribuyentes incluyen presentaciones de reguladores, tipos

de productos y relaciones de clientes con instituciones, variables que están disponibles en la mayoría de contextos bancarios independientemente del nivel de sofisticación tecnológica.

Los resultados obtenidos revelan una paradoja interesante en el desarrollo de modelos predictivos de IA para la región andina, mientras que la literatura global muestra avances impresionantes en términos de precisión técnica, con modelos como XGBoost alcanzando hasta 99% de efectividad, la aplicabilidad de estos sistemas al contexto específico de Ecuador, Colombia y Perú enfrenta desafíos fundamentales que van más allá de las consideraciones puramente técnicas, la alta prevalencia de economía informal documentada por López & Mendoza (2022), que varía entre 37% en Ecuador y 77% en Perú, significa que una porción sustancial de las actividades económicas, incluyendo potencialmente las relacionadas con lavado de dinero, ocurren fuera del alcance de los sistemas de monitoreo tradicionales que alimentan los modelos de IA, esto plantea interrogantes profundos sobre si los enfoques tecnológicos desarrollados para economías formalizadas pueden ser efectivos en contextos donde la informalidad es la norma más que la excepción.

La transformación estratégica de Ecuador de país de tránsito a actor central en cadenas de narcotráfico, evidenciada por las 700 hectáreas de cultivos ilícitos identificadas, sugiere que los patrones de lavado en la región pueden estar evolucionando más rápidamente que la capacidad de los sistemas de detección para adaptarse, lo cual tiene implicaciones importantes para la sostenibilidad a largo plazo de cualquier solución tecnológica implementada, la evidencia de captura estatal documentada por Zúñiga Rodríguez (2020), en el caso peruano añade una dimensión institucional crítica que raramente se considera en la literatura técnica sobre modelos de IA, cuando redes criminales han logrado infiltrar jueces, fiscales, congresistas y empresarios, la efectividad de cualquier sistema tecnológico de detección puede verse comprometida no por limitaciones técnicas sino por intervención deliberada desde dentro de las instituciones que deberían utilizarlo.

Esta realidad sugiere que los modelos predictivos de IA, por sofisticados que sean, deben complementarse con marcos de gobernanza robustos que incluyan mecanismos de verificación independiente y transparencia operativa, algo que la literatura revisada no aborda adecuadamente, los hallazgos también implican que la implementación exitosa de sistemas antilavado en la región requiere no solo inversión en tecnología sino también fortalecimiento institucional simultáneo que reduzca las vulnerabilidades a la cooptación criminal, el patrón histórico de captura estatal que el estudio identifica, incluyendo episodios similares durante el gobierno de Fujimori-Montesinos, sugiere que estas vulnerabilidades son sistémicas más que episódicas, lo cual significa que

cualquier estrategia tecnológica debe diseñarse considerando la posibilidad de compromiso institucional como un riesgo operativo permanente.

Las diferencias significativas entre países en términos de marcos regulatorios y capacidades institucionales, aunque limitadamente documentadas en las referencias disponibles, presentan tanto desafíos como oportunidades para la implementación de sistemas colaborativos, la evidencia de De la Torre (2018) sobre el marco regulatorio ecuatoriano muestra sofisticación en términos de responsabilidad penal para funcionarios negligentes, pero también indica fragmentación regulatoria que podría complicar la automatización de procesos, esta fragmentación cobra especial relevancia cuando se considera que los modelos de IA más efectivos, como Graph Neural Networks que dominan la literatura con 12 estudios, requieren datos integrados y consistentes para identificar patrones transnacionales, si cada país tiene marcos regulatorios diferentes que generan datos en formatos incompatibles, la implementación de sistemas colaborativos se vuelve técnicamente desafiante independientemente de la sofisticación de los algoritmos utilizados.

Los hallazgos sugieren que antes de invertir en tecnologías avanzadas, la región podría beneficiarse más de esfuerzos de armonización regulatoria que faciliten la interoperabilidad de datos, esto no significa necesariamente homogenización completa de marcos legales, sino desarrollo de estándares técnicos comunes que permitan que sistemas de diferentes países intercambien información de manera efectiva.

La comparación entre los enfoques documentados en la literatura internacional y las necesidades específicas de la región andina revela brechas significativas que limitan la transferibilidad directa de soluciones tecnológicas, mientras que estudios como los de Effendi & Chattopadhyay (2024), demuestran la viabilidad técnica de la técnica criptográfica avanzada que resulta ser un cifrado homomórfico para colaboración interinstitucional, manteniendo precisiones superiores al 99% incluso con datos encriptados, estos avances se han desarrollado y probado en contextos donde existe infraestructura tecnológica madura y marcos de confianza institucional establecidos, la región andina, por el contrario, enfrenta desafíos fundamentales de conectividad, capacidad computacional limitada y, como se documentó

En el caso peruano, niveles variables de confianza institucional que pueden afectar la viabilidad de esquemas colaborativos sofisticados, esto no significa que estas tecnologías sean completamente inaplicables, sino que su implementación requiere adaptaciones significativas que la literatura actual no aborda, los resultados de Altman et al. (2024), sobre la efectividad de los conjuntos organizados de datos (datasets) sintéticos para entrenar modelos antilavado ofrecen una posible solución a la escasez de datos etiquetados en la región, pero su generador basado

en agentes ha sido calibrado principalmente para reproducir características de sistemas financieros desarrollados, no para contextos con alta informalidad económica como los identificados en el análisis regional.

Las limitaciones más significativas emergen cuando se considera la brecha entre la sofisticación técnica reportada en la literatura y las capacidades operativas reales en la región, estudios como los de Wu et al. (2023) con GRANDE; y Cao et al. (2024), con arquitecturas LSTM-Transformer reportan resultados impresionantes en términos de detección de patrones complejos y adaptación en tiempo real, pero estos sistemas requieren infraestructuras computacionales, experticia técnica y calidad de datos que pueden no estar disponibles de manera consistente en Ecuador, Colombia y Perú. Ruchay et al. (2023), reportan precisión de 99.99% en su modelo optimizado, pero trabajando con el dataset CreditCardFraud que, aunque útil para validación técnica, puede no ser representativo de los patrones específicos de lavado que caracterizan a la región andina donde el narcotráfico y la economía informal crean dinámicas particulares, esta limitación en la representatividad de datos de entrenamiento es especialmente problemática porque los modelos de IA pueden ser altamente efectivos para detectar patrones similares a aquellos en los que fueron entrenados, pero pueden fallar sistemáticamente cuando enfrentan patrones significativamente diferentes. Los hallazgos sugieren que la región necesita no solo adaptar tecnologías existentes sino también desarrollar datasets de entrenamiento que reflejen sus características específicas, lo cual requiere colaboración entre instituciones regionales para generar datos sintéticos realistas o compartir datos reales de manera que preserve la privacidad, pero capture las particularidades locales.

La revisión también revela una limitación metodológica importante en la literatura existente, donde la mayoría de los estudios evalúan efectividad en términos de métricas técnicas como precisión, recall y F1-score, pero pocos abordan consideraciones de implementación práctica como costos operativos, requisitos de entrenamiento de personal, sostenibilidad a largo plazo y adaptabilidad a condiciones cambiantes. Labanca et al. (2022), representan una excepción notable al reportar no solo mejoras en detección del 50% sino también reducciones de costos del 20%, pero su análisis se basa en contextos operativos que pueden diferir significativamente de los que caracterizan a las instituciones financieras en la región andina, donde las capacidades de procesamiento de datos, disponibilidad de personal técnico especializado y recursos para mantenimiento de sistemas pueden ser más limitados.

Goldbarsht (2023), reconoce que la IA puede hacer los sistemas anti-lavado más rápidos y económicos, pero su análisis asume la existencia de infraestructura tecnológica y capacidades organizacionales que pueden requerir

inversiones sustanciales antes de que los beneficios prometidos puedan materializarse, esto sugiere que las evaluaciones de costo-beneficio para la región deben incluir no solo los costos directos de implementación tecnológica sino también las inversiones complementarias en infraestructuras, capacitación y fortalecimiento institucional necesarias para que estos sistemas operen efectivamente.

A pesar de las limitaciones identificadas, el análisis revela oportunidades estratégicas importantes que la región andina podría aprovechar para desarrollar capacidades antilavado efectivas mediante aproximaciones incrementales y adaptadas a sus condiciones específicas, la evidencia de Harris et al. (2021), de que enfoques relativamente simples como regresión logística mejorada pueden lograr resultados significativos cuando se adaptan al contexto local sugiere que la región no necesita implementar inmediatamente las tecnologías más sofisticadas para obtener mejoras sustanciales sobre sistemas actuales.

Una estrategia de implementación gradual que comience con modelos ensemble como Random Forest y XGBoost, que han demostrado efectividad con requisitos computacionales moderados, podría permitir a las instituciones regionales desarrollar experiencia operativa y generar datos de entrenamiento mientras construyen las bases para sistemas más avanzados, esto es especialmente relevante considerando que estos modelos aparecen frecuentemente en la literatura revisada y han mostrado robustez en diferentes contextos operativos, la flexibilidad de estos enfoques también significa que pueden adaptarse más fácilmente a las particularidades de cada país mientras mantienen compatibilidad para eventual integración regional.

Las oportunidades de colaboración transfronteriza identificadas por Deprez et al. (2025), que documentan cómo el análisis de redes que considera conexiones entre países identifica patrones ocultos en análisis nacionales individuales, sugieren que la cooperación regional podría generar beneficios en la capacidad de detección/identificación superiores a la suma de esfuerzos independientes, sin embargo, la implementación exitosa de tales sistemas requiere abordar tanto desafíos técnicos como institucionales. Los hallazgos de Effendi & Chattopadhyay (2024), sobre cifrado homomórfico ofrecen una ruta técnica para colaboración que preserva la privacidad de datos, lo cual podría abordar preocupaciones legítimas sobre soberanía de datos mientras permite cooperación efectiva, pero la implementación de tales sistemas requiere coordinación regulatoria e inversión en capacidades técnicas que trasciende lo que cualquier país puede lograr individualmente. Una recomendación estratégica emergente es el desarrollo de un programa regional piloto que comience con intercambio de información agregada y anonimizada para validar beneficios de colaboración antes de invertir en infraestructura completa para intercambio de datos granulares, esto permitiría a los países desarrollar

confianza mutua y marcos operativos mientras demuestran valor práctico de la cooperación.

La evidencia sobre la efectividad de datasets sintéticos proporcionada por Altman et al. (2024), presenta una oportunidad particularmente relevante para la región, donde la escasez de datos etiquetados de alta calidad representa un obstáculo significativo para implementación de modelos avanzados, el desarrollo de un generador de datos sintéticos calibrado específicamente para las características de la región andina, incluyendo alta prevalencia de transacciones en efectivo, economía informal y patrones de lavado relacionados con narcotráfico, podría facilitar el entrenamiento de modelos efectivos sin comprometer datos sensibles reales.

Este enfoque también permitiría a instituciones con capacidades limitadas acceder a datos de entrenamiento de calidad sin depender de intercambio directo de información operativa, reduciendo barreras legales y técnicas para adopción de tecnologías avanzadas, además, la colaboración en desarrollo de tales herramientas podría ser un primer paso hacia integración regional más amplia, creando experiencia compartida y marcos de cooperación que faciliten iniciativas más ambiciosas posteriormente, la implementación de esta estrategia requeriría coordinación entre instituciones académicas, reguladores y entidades operativas de los tres países, pero representa una inversión relativamente modesta comparada con desarrollo independiente de capacidades en cada país, mientras genera beneficios que pueden compartirse regionalmente y adaptarse a condiciones específicas nacionales según sea necesario.

CONCLUSIONES

La investigación confirma que los modelos predictivos de inteligencia artificial presentan un potencial significativo para transformar los sistemas antilavado en Ecuador, Colombia y Perú, aunque su implementación exitosa requiere adaptaciones sustanciales que consideren las particularidades socioeconómicas e institucionales de la región, los hallazgos revelan que ninguna de las 68 referencias analizadas aborda específicamente el contexto andino, donde factores como economías informales que representan entre 37% y 77% del PIB, limitada penetración de servicios financieros digitales y vulnerabilidades institucionales documentadas crean condiciones operativas fundamentalmente diferentes a aquellas donde se han desarrollado las tecnologías más avanzadas, esta brecha representa tanto un desafío como una oportunidad, ya que indica la necesidad urgente de investigación y desarrollo adaptado regionalmente, pero también sugiere que enfoques relativamente simples pueden generar mejoras significativas sobre sistemas actuales sin requerir inversiones masivas en infraestructura tecnológica sofisticada.

El análisis comparativo tripartito evidencia diferencias sustanciales entre los tres países que afectan las

posibilidades de implementación coordinada, Perú presenta los niveles más altos de economía sombra y evidencia documentada de captura estatal que compromete la efectividad de controles institucionales, mientras que Ecuador ha experimentado una transformación estratégica hacia roles más centrales en cadenas de narcotráfico que intensifica los riesgos de lavado, Colombia mantiene su posición como epicentro regional pero enfrenta desafíos continuos de organizaciones criminales que adaptan constantemente sus métodos, estas diferencias implican que las estrategias de implementación deben ser flexibles, permitiendo que cada país desarrolle capacidades según sus condiciones específicas mientras mantiene compatibilidad para eventual integración regional, los datos sobre economía sombra proporcionados por López & Mendoza (2022), son particularmente relevantes porque indican que cualquier sistema de detección que dependa exclusivamente de transacciones formales perderá una porción sustancial de actividades potencialmente ilícitas.

Las arquitecturas de IA más prometedoras para la región incluyen modelos ensemble como Random Forest y XGBoost, que ofrecen balances favorables entre efectividad y requisitos de recursos, estos modelos aparecen consistentemente en la literatura con precisiones entre 79% y 99% mientras mantienen interpretabilidad y flexibilidad para adaptación local. Graph Neural Networks, aunque dominan la literatura con 12 estudios, requieren infraestructuras de datos integradas que pueden no estar disponibles inmediatamente en la región, pero representan objetivos importantes para desarrollo a mediano plazo conforme se establezcan marcos de cooperación transfronteriza, las arquitecturas híbridas LSTM-Transformer muestran potencial para predicciones en tiempo real, pero sus requisitos computacionales significativos sugieren que su implementación debe priorizarse en instituciones con mayor capacidad técnica.

La evidencia indica que enfoques incrementales que comiencen con modelos más simples y evolucionen hacia sistemas más sofisticados conforme se desarrollen capacidades operativas representan estrategias más sostenibles que intentos de implementar inmediatamente las tecnologías más avanzadas, la cooperación regional emerge como un factor crítico para maximizar la efectividad de cualquier implementación tecnológica, considerando que las organizaciones criminales operan transnacionalmente mientras los sistemas de detección permanecen fragmentados nacionalmente, los hallazgos de Deprez et al. (2025), sobre beneficios superiores del análisis de redes transfronterizas sugieren que la colaboración puede generar capacidades que exceden la suma de esfuerzos individuales.

Sin embargo, tal cooperación requiere abordar desafíos tanto técnicos como institucionales, incluyendo armonización de estándares de datos, desarrollo de marcos legales para intercambio de información y establecimiento

de protocolos de seguridad que preserven soberanía nacional mientras faciliten colaboración efectiva, las tecnologías criptográfica avanzada documentadas por Effendi & Chattopadhyay (2024), ofrecen rutas técnicas viables para cooperación que preserva privacidad, pero su implementación requiere inversiones coordinadas y desarrollo de confianza institucional que trasciende consideraciones puramente tecnológicas.

Este estudio presenta limitaciones importantes que deben reconocerse, la dependencia en fuentes secundarias significa que algunos aspectos de implementación práctica no pueden evaluarse completamente sin datos operativos directos, la ausencia de validación empírica en contextos regionales implica que algunas recomendaciones requieren pilotaje antes de implementación completa, además, la naturaleza evolutiva tanto de tecnologías como de estrategias criminales significa que las conclusiones deben actualizarse periódicamente.

Las investigaciones futuras deberían enfocarse en desarrollo de datasets sintéticos calibrados para contextos andinos, evaluación empírica de modelos adaptados mediante programas piloto coordinados, análisis de costo-beneficio que incluya inversiones complementarias en fortalecimiento institucional, y desarrollo de marcos regulatorios armonizados que faciliten cooperación técnica sin comprometer soberanía nacional, estos esfuerzos requieren colaboración entre instituciones académicas, reguladores, entidades operativas y organismos internacionales para generar soluciones que sean tanto técnicamente viables como contextualmente apropiadas para las realidades específicas de Ecuador, Colombia y Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alhajeri, R., & Alhashem, A. (2023). Using Artificial Intelligence to Combat Money Laundering. *Intelligent Information Management*, 15(04), 284–305. <https://doi.org/10.4236/iim.2023.154014>
- Altman, E., Blanuša, J., von Niederhäusern, L., Egressy, B., Anghel, A., & Atasu, K. (2024). *Realistic Synthetic Financial Transactions for Anti-Money Laundering Models*. <http://arxiv.org/abs/2306.16424>
- Cao, K., Zhang, T., & Huang, J. (2024). Advanced hybrid LSTM-transformer architecture for real-time multi-task prediction in engineering systems. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55483-x>
- De la Torre Lascano, M. (2018). Utilización del sector financiero para el lavado de dinero: perspectiva desde la legislación ecuatoriana 1 Use of the financial sector for money laundering: a perspective from the Ecuadorian legislation. *JURÍDICAS CUC*, 14(1), 145–166. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bits-treams/d32890f3-2e68-45d6-b372-5e7121ffca79/content>

- Deprez, B., Vanderschueren, T., Baesens, B., Verdonck, T., & Verbeke, W. (2025). *Network Analytics for Anti-Money Laundering -- A Systematic Literature Review and Experimental Evaluation*. <http://arxiv.org/abs/2405.19383>
- Effendi, F., & Chattopadhyay, A. (2024). *Privacy-Preserving Graph-Based Machine Learning with Fully Homomorphic Encryption for Collaborative Anti-Money Laundering*. <http://arxiv.org/abs/2411.02926>
- Goldbarsht, D. (2023). Leveraging AI to Mitigate Money Laundering Risks in the Banking System. En Z. Bednarz & M. Zalnieriute (Eds.), *Money, Power, and AI: Automated Banks and Automated States* (pp. 51–69). Cambridge University Press.
- Harris, D. A., Pyndiura, K. L., Sturrock, S. L., & Christensen, R. A. G. (2021). Using real-world transaction data to identify money laundering: Leveraging traditional regression and machine learning techniques. *STEM Fellowship Journal*, 7(1), 21–32. <https://doi.org/10.17975/sfj-2021-006>
- Japinye, A. O. (2024). Integrating Machine Learning in Anti-Money Laundering through Crypto: A Comprehensive Performance Review. *European Journal of Accounting, Auditing and Finance Research*, 12(4), 54–80. <https://doi.org/10.37745/ejafr.2013/vol12n45480>
- Kurshan, E., Mehta, D., Bruss, B., & Balch, T. (2024). *AI versus AI in Financial Crimes & Detection: GenAI Crime Waves to Co-Evolutionary AI*. <https://arxiv.org/abs/2410.09066>
- Labanca, D., Primerano, L., Markland-Montgomery, M., Polino, M., Carminati, M., & Zanero, S. (2022). Amaretti: An Active Learning Framework for Money Laundering Detection. *IEEE Access*, 10, 41720–41739. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3167699>
- López, G., & Mendoza Valencia, C. (2022). Estimación del tamaño de la economía sombra: evidencia empírica para Ecuador, Perú y Colombia. *Revista Economía y Política*, 36, 97–117. <https://doi.org/10.25097/rep.n36.2022.07>
- Prisznyák, A. (2022). Bankrobotics: Artificial Intelligence and Machine Learning Powered Banking Risk Management : Prevention of Money Laundering and Terrorist Financing. *Pénzügyi Szemle = Public Finance Quarterly*, 67(2), 288–303. https://doi.org/10.35551/PFQ_2022_2_8
- Rivera-Rhon, R., & Bravo-Grijalva, C. (2020). Crimen organizado y cadenas de valor: el ascenso estratégico del Ecuador en la economía del narcotráfico. *URVIO. Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad*, 28, 8–24. <https://doi.org/10.17141/urvio.28.2020.4410>
- Rouhollahi, Z. (2021). *Towards Artificial Intelligence Enabled Financial Crime Detection*. <http://arxiv.org/abs/2105.10866>
- Ruchay, A., Feldman, E., Cherbadzhi, D., & Sokolov, A. (2023). The Imbalanced Classification of Fraudulent Bank Transactions Using Machine Learning. *Mathematics*, 11(13), 2862. <https://doi.org/10.3390/math11132862>
- Syahda, I. F., Putra, R. D., Syafa, T. S., & Sinlae, E. S. P. (2024). Prevention and Eradication of Money Laundering Crime in Banking. *Veteran Law Review*, 7(2), 222–231. <https://doi.org/10.35586/velrev.v7i2.8098>
- Usman, A., Naveed, N., & Munawar, S. (2023). Intelligent Anti-Money Laundering Fraud Control Using Graph-Based Machine Learning Model for the Financial Domain. *Journal of Cases on Information Technology*, 25(1), 1–20. <https://doi.org/10.4018/JCIT.316665>
- Wu, R., Ma, B., Jin, H., Zhao, W., Wang, W., & Zhang, T. (2023). *GRANDE: a neural model over directed multigraphs with application to anti-money laundering*. <http://arxiv.org/abs/2302.02101>
- Zúñiga Rodríguez, L. (2020). La captura del Estado peruano por el narcotráfico: el caso de los “cuello blanco del puerto.” *Revista de Estudios En Seguridad Internacional*, 6(2), 175–191. <https://doi.org/10.18847/1.12.10>