

Seguridad nacional en Colombia: un enfoque analítico para la prevención del delito

Emmanuel Ramírez Pérez

Asesor

Felipe Alexander Pipicano Guzman

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Especialización en Ciencia de Datos y Analítica

2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, por su apoyo incondicional e inspiración constante. Su amor y sacrificio me han motivado a perseguir mis sueños y alcanzar mis metas. A mis amigos, por su ánimo en momentos difíciles, y a mis profesores, por su huella en mi formación académica y personal.

Agradezco de manera especial al Dr. Luis Ángel Anillo Arrieta por su orientación y constante apoyo durante todo el proceso de investigación; sus valiosos consejos fueron fundamentales. A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) por los recursos y materiales proporcionados. A mis compañeros de clase, y en especial al docente Felipe Alexander Pipicano Guzmán, por las enriquecedoras discusiones y el apoyo mutuo compartido. Finalmente, a todas aquellas personas e instituciones que de alguna manera contribuyeron a este trabajo: su ayuda ha sido invaluable.

Resumen

Esta monografía analiza la crisis de seguridad en Colombia, caracterizada por la insuficiencia del "modelo penal del castigo" reactivo, el cual genera un ciclo de impunidad del 58% en homicidios y costos equivalentes al 3.9% del PIB. Ante este panorama, la investigación tiene como objetivo general evaluar crítica y sistemáticamente la pertinencia del Machine Learning (ML) como herramienta estratégica para orientar la prevención predictiva y la gobernanza algorítmica del delito entre 2015 y 2025. Para ello, se sistematizan los patrones espacio-temporales de criminalidad, se evalúa la viabilidad técnica y ética de algoritmos como Random Forest y XGBoost, y se formulan lineamientos estratégico-normativos para el periodo 2025-2030.

Los resultados demuestran que los modelos de criminología computacional superan significativamente la precisión de los métodos estadísticos tradicionales, alcanzando niveles de exactitud de hasta el 86% en zonas urbanas como Medellín. La principal contribución de este trabajo es la propuesta de una Hoja de Ruta Técnico-Institucional que incluye un Protocolo de Gobernanza Algorítmica (PGA) diseñado para mitigar el sesgo de retroalimentación (Feedback Bias) y garantizar la transparencia, proporcionalidad y equidad en la intervención estatal. El estudio prescribe la integración obligatoria de variables socioestructurales como la pobreza multidimensional y el desempleo en los modelos predictivos, asegurando que la analítica de datos fundamente la inversión social y no solo la respuesta represiva

Palabras claves: Machine learning, prevención del delito, criminalidad, seguridad ciudadana, políticas públicas.

Abstract

This monograph analyzes the security crisis in Colombia, characterized by the inadequacy of the reactive "punishment-based penal model," which generates a 58% impunity rate for homicides and costs equivalent to 3.9% of GDP. Given this scenario, the research aims to critically and systematically evaluate the relevance of Machine Learning (ML) as a strategic tool to guide predictive crime prevention and algorithmic governance between 2015 and 2025. To this end, the spatio-temporal patterns of crime are systematized, the technical and ethical feasibility of algorithms such as Random Forest and XGBoost is assessed, and strategic and regulatory guidelines are formulated for the period 2025-2030.

The results demonstrate that computational criminology models significantly outperform traditional statistical methods, achieving accuracy levels of up to 86% in urban areas such as Medellín. The main contribution of this work is the proposal of a Technical-Institutional Roadmap that includes an Algorithmic Governance Protocol (AGP) designed to mitigate feedback bias and guarantee transparency, proportionality, and equity in state intervention. The study prescribes the mandatory integration of socio-structural variables such as multidimensional poverty and unemployment into predictive models, ensuring that data analytics informs social investment and not just repressive responses.

Keywords: Machine learning, crime prevention, criminality, citizen security, public policy.

Tabla de Contenido

Introducción	9
Planteamiento del Problema.....	11
Formulación del Problema	13
Justificación	15
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos.....	17
Marco de Referencia.....	18
Estado del Arte.....	18
Marco Teórico.....	19
Marco Conceptual.....	21
Marco Normativo.....	23
Metodología.....	26
Método	26
Tipo de Estudio	29
Recolección de Datos.....	30
Resultados.....	33
Conclusiones.....	62
Recomendaciones	67
Referencias Bibliográficas	71
Ápéndices.....	80

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Línea de Tiempo del Proceso</i>	29
Tabla 2 <i>Fuentes de Datos Criminales Colombia 2015-2025</i>	38
Tabla 3 <i>Lineamientos Estratégico-Normativos para la Gobernanza Algorítmica (Propuesta Prescriptiva)</i>	41
Tabla 4 <i>Variables Criminógenas Clasificadas por Nivel Ecológico</i>	45
Tabla 5 <i>Rendimiento de los Modelos a Nivel de Barrios</i>	48
Tabla 6 <i>Rendimiento de los Modelos a Nivel de Grillas</i>	49
Tabla 7 <i>Lineamientos Estratégico-Normativos Propuestos</i>	52
Tabla 8 <i>Modelo Conceptual de la Prevención Multinivel Asistida por ML</i>	57
Tabla 9 <i>Hoja de Ruta Fases Implementación ML</i>	58

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Ciclo de Gestión del Conocimiento en el Enfoque de Policía Predictiva</i>	20
Figura 2 <i>Flujograma del Proceso Metodológico</i>	28
Figura 3 <i>Mapa de Ubicación de Medellín que Muestra los Centroides</i>	43
Figura 4 <i>Predicción Espaciotemporal de la Delincuencia en la Región Urbana</i>	44
Figura 5 <i>Matriz de Confusión Random Forest</i>	46
Figura 6 <i>Matriz de Confusión XGBoost</i>	47
Figura 7 <i>Distribución Espacial de los Crímenes (a) por Comuna y (b) por Barrio</i>	50

Lista de Ápendices

Apéndice A *Evidencia de Sustentación Final* 80

Apéndice B *Colombia: Homicidios 2015-2023* 81

Introducción

La seguridad nacional en Colombia representa un pilar esencial para la estabilidad democrática, el bienestar colectivo y el desarrollo socioeconómico sostenible, trascendiendo la mera defensa territorial para abarcar la protección integral de la ciudadanía frente a amenazas multifactoriales como la violencia urbana, el crimen organizado transnacional y las desigualdades estructurales que alimentan la delincuencia. Históricamente, la respuesta estatal se ha enmarcado en un paradigma punitivo reactivo el "modelo penal del castigo" que privilegia la sanción y la privación de la libertad sobre la prevención, demostrando ser ineficaz e insostenible, tal como se ve en la **Figura 1**. Esta insuficiencia estructural genera un ciclo vicioso de impunidad, con un margen del 58% para homicidios entre 2009-2018, erosionando la legitimidad institucional y elevando costos equivalentes al 3.9% del PIB anual (BID, 2017).

Datos actualizados al 7 de diciembre de 2025 revelan un panorama persistente y alarmante. Según el Ministerio de Defensa Nacional (MinDefensa, 2025), entre enero y octubre de 2025 se registraron 11.327 homicidios, un incremento del 3.4% (375 casos más) respecto al mismo periodo de 2024 (10.952), con una tasa estimada de 25.9 por cada 100.000 habitantes para el año completo (proyectando 12.376 casos), como se logra apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Aunque enero-febrero mostró una reducción inicial del 3.1% (1.990 homicidios), la tendencia anual se revirtió, exacerbada por el resurgimiento de grupos armados post-Acuerdo de Paz. Además, el Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz (Indepaz, 2025) reporta 76 masacres hasta el 4 de diciembre, con al menos 194 víctimas, un aumento significativo que anticipa un cierre de año con mayores incrementos en violencia organizada.

A pesar de esfuerzos gubernamentales, como la Política de Seguridad Humana, Colombia enfrenta desafíos crónicos en criminalidad y violencia. El índice de Paz Global 2025 ubica al país en el puesto 140 de 163 naciones evaluadas, con un score de 2.695, reflejando una ligera mejora de +0.013 en el score y +1 en el ranking respecto a 2024, atribuible a reformas en inclusión social y reducción de desigualdades (Institute for Economics and Peace, 2025). Sin embargo, esta posición lo sitúa entre las naciones con menor paz, agravada por factores como el alto número de desplazados internos (más de 8 millones acumulados) y conflictos activos, con 59 state-based conflicts globales el más alto desde la Segunda Guerra Mundial.

Esta problemática se intensifica por la ausencia de herramientas analíticas avanzadas para identificar patrones delictivos, predecir hotspots y optimizar recursos preventivos. Estudios como el del Centro de Recursos para el Análisis de Conflictos (CERAC, 2021) destacan la débil coordinación interinstitucional y la corrupción en entidades de seguridad, limitando estrategias integrales. En este escenario, la criminología computacional emerge como aproximación de vanguardia para el Servicio de Policía Basado en la Evidencia (EBP), aprovechando el potencial del machine learning (ML) y el deep learning (DL) para modelar patrones no lineales y transitar de un enfoque reactivo a uno predictivo y proactivo (Fundación Paz y Reconciliación, 2022).

No obstante, la prevención del delito en Colombia enfrenta desafíos significativos derivados de su complejidad multicausal: raíces socioeconómicas (desigualdad y segregación urbana), transformación post-conflicto hacia ciberdelincuencia y crimen organizado, y riesgos éticos en la adopción de IA, como el sesgo de retroalimentación (Feedback Bias) que perpetúa la discriminación algorítmica. La crítica fundamental a la Prevención Situacional del Delito (PSD) vehículo operativo del predictive policing radica en su enfoque "eminente pragmático y utilitarista", que ignora cómo la motivación del delincuente se subordina a "condicionantes

sociales y económicos. propias del neoliberalismo" (Joao & Fernández Romo, 2018). Si el ML omite variables estructurales como la pobreza multidimensional o el desempleo de alto poder predictivo (Ardila Chávarro, 2023) , corre el riesgo de pseudo-legitimación algorítmica y fracaso en la prevención integral.

Esta monografía aborda esta brecha mediante un enfoque analítico innovador, explorando el potencial del ML para mejorar la gobernanza algorítmica del riesgo, garantizando principios de transparencia, proporcionalidad y equidad. Al sistematizar patrones delictivos, evaluar algoritmos y formular lineamientos prescriptivos para 2025-2030, contribuye a una política criminal más legítima y eficaz, alineada con la seguridad humana en el contexto latinoamericano. El objetivo general es analizar crítica y sistemáticamente la pertinencia del ML para la prevención predictiva y gobernanza algorítmica, respondiendo a subpreguntas que deconstruyen variables, viabilidad técnica y normativa.

Planteamiento del Problema

Colombia enfrenta una doble y compleja crisis de seguridad y de eficacia institucional en la gestión del fenómeno criminal, marcada por la persistencia de la violencia y la insuficiencia del paradigma punitivo reactivo. Históricamente, la política criminal ha privilegiado el "modelo penal del castigo" una estrategia influenciada por dinámicas de "populismo punitivo" que capitaliza el sentimiento de inseguridad mediante el endurecimiento de penas, resultando ineficaz e insostenible. Esta aproximación genera un ciclo vicioso de impunidad, con un margen del 58% para homicidios entre 2009-2018, agotando la capacidad instalada del sistema judicial y penitenciario sin lograr "claros efectos en el incremento de la seguridad ciudadana" (Gómez, 2020).

Datos actualizados al 7 de diciembre de 2025 revelan la gravedad de esta problemática. Según el Ministerio de Defensa Nacional (MinDefensa, 2025), entre enero y septiembre se registraron más de 10.000 homicidios, un incremento del 2% respecto al mismo periodo de 2024, proyectando una tasa anual de aproximadamente 25.9 por 100.000 habitantes (basado en población estimada de 52 millones) (Infobae, 2025). Aunque el primer bimestre mostró una reducción inicial del 3.1% (1.990 homicidios), la tendencia se revirtió, exacerbada por el resurgimiento de grupos armados post-acuerdo de paz. Además, el Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz (Indepaz, 2025) reporta 76 masacres hasta el 4 de diciembre, con al menos 194 víctimas, un aumento significativo que anticipa un cierre anual con mayores incrementos en violencia organizada.

A pesar de esfuerzos como la política de Seguridad Humana, el país ocupa el puesto 140 de 163 en el Índice de Paz Global 2025, con un score de 2.695 una ligera mejora de +0.013 respecto a 2024, situándolo entre las naciones con menor paz debido a factores como desplazados internos (más de 8 millones) y 59 conflictos estatales activos globales, el más alto desde la Segunda Guerra Mundial (Institute for Economics and Peace, 2025). Esta vulnerabilidad se agrava por la ausencia de herramientas analíticas avanzadas para identificar patrones delictivos, predecir hotspots y optimizar recursos, limitada por débil coordinación interinstitucional y corrupción (CERAC, 2021).

El núcleo del problema radica en la disyunción entre el potencial predictivo del machine learning (ML) y su viabilidad ético-institucional. Si bien la criminología computacional ofrece algoritmos como Random Forest y XGBoost para modelar patrones no lineales, su aplicación sin crítica perpetúa riesgos como el sesgo de retroalimentación (Feedback Bias), amplificando la discriminación algorítmica en zonas vulnerables. La Prevención Situacional del Delito (PSD),

vehículo operativo del predictive policing, es "eminentemente pragmática y utilitarista" y falla al ignorar que la motivación del delincuente se subordina a "condicionantes sociales y económicos propias del neoliberalismo" (Joao & Fernández Romo, 2018). Variables estructurales como pobreza multidimensional y desempleo de alto poder predictivo (Ardila Chávarro, 2023) deben integrarse para evitar pseudo-legitimación algorítmica.

Esta complejidad exige un marco de gobernanza algorítmica del riesgo que garantice transparencia, proporcionalidad y equidad, transformando la inercia reactiva en prevención multinivel (situacional, social y estructural). La monografía aborda esta brecha, analizando la pertinencia del ML para una política criminal legítima y sostenible (2025-2030).

Formulación del Problema

Pregunta Principal: ¿De qué manera la implementación de modelos de criminología computacional y predictive policing puede ser evaluada crítica y sistemáticamente para establecer su viabilidad técnico-operativa y su legitimidad democrática en la orientación de la gobernanza algorítmica del riesgo criminal en el contexto de la seguridad ciudadana colombiana (2015-2025), garantizando los principios de transparencia, proporcionalidad y equidad?

Subpreguntas: ¿Cómo se pueden tipificar, cartografiar y deconstruir críticamente las variables criminógenas estructurales, los patrones espacio-temporales multivariados y las tendencias macrocriminales de la criminalidad en Colombia entre 2015 y 2025, desde los paradigmas de la criminología computacional, la ecología del delito y la teoría del riesgo social algorítmicamente mediado?

¿Cuáles son los principales algoritmos y arquitecturas de Machine Learning y Deep Learning empleados globalmente en estrategias de predictive policing y crime forecasting, y cuál

es su viabilidad técnica, ética, institucional y socioestructural para la implementación de la gobernanza algorítmica del delito en el contexto colombiano?

¿Cómo debe configurarse un conjunto de lineamientos estratégico-normativos y una hoja de ruta técnico-institucional para el diseño, implementación y evaluación de modelos de criminología computacional en la política pública de seguridad colombiana (2025-2030), prescribiendo soluciones que optimicen la gobernanza algorítmica del riesgo y fortalezcan la capacidad estatal de prevención situacional, social y estructural del delito desde principios de transparencia, proporcionalidad y equidad?

Justificación

La presente monografía se justifica la necesidad de transformar la política criminal colombiana mediante un enfoque analítico que integre el machine learning (ML) en la prevención del delito, superando las limitaciones del paradigma punitivo reactivo y contribuyendo a una gobernanza algorítmica ética. En un contexto donde la inseguridad erosiona la confianza ciudadana y obstaculiza la inversión (Cámara de Comercio de Bogotá, 2021; CESED, 2020). El trabajo ofrece perspectivas innovadoras para la academia, profesionales de seguridad y policymakers, fomentando estrategias que garanticen transparencia, proporcionalidad y equidad. Esta se sustenta en dimensiones que se alinean directamente con el objetivo general de analizar la pertinencia del ML para la prevención predictiva (2015-2025), y los objetivos específicos de sistematizar patrones (objetivo específico 1), evaluar algoritmos (objetivo específico 2) y formular lineamientos (objetivo específico 3).

La política criminal ha priorizado un enfoque reactivo centrado en la detección y corrección de conductas punitivas, sin base empírica sólida, generando ineficiencia institucional y sobrecarga del sistema judicial (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2015). Este "modelo penal del castigo" es ineficaz, influenciado por el "populismo punitivo" que endurece penas sin reducir la criminalidad real (Durán Migliardi, 2016; Gómez, 2020). La tesis responde a este vacío mediante el tránsito al Servicio de Policía Basado en la Evidencia (EBP), que racionaliza decisiones con datos rigurosos para mayor eficiencia y legitimidad (Vargas-Valencia et al., 2021). La criminología computacional es la herramienta idónea de la EBP, dado que los modelos de ML son particularmente adecuados para capturar la complejidad y patrones no lineales de los delitos, una tarea que métodos tradicionales fallan en lograr (Muñoz Jaramillo, 2021; Parthasarathy et al., 2020). Teóricamente, la monografía integra la ecología del delito y la

Prevención Situacional del Delito (PSD) con analítica predictiva, justificando el objetivo específico 1 en la necesidad de tipificar variables criminógenas estructurales como pobreza multidimensional y desempleo, de alto poder predictivo (Ardila Chávarro, 2023) mediante scoping review y análisis longitudinal. Esto supera limitaciones de datos reactivos al incorporar fuentes como DANE y RNMC, estableciendo bases para modelos robustos y una justicia epistémica. El objetivo específico 2 responde a la viabilidad técnica en entornos urbanos, donde algoritmos como RF y XGBoost destacan en predicción de hotspots (Muñoz Jaramillo, 2021; Puentes Bolívar, 2023), pero con desafíos en ciudades intermedias por escasez de datos georreferenciados (Gélvez-Ferreira et al., 2022). Esta evaluación crítico-contextual adapta enfoques globales (LSTM para series temporales, Mohler et al., 2015) al contexto colombiano, considerando el cibercrimen económico donde ML detecta fraudes en datos desbalanceados (Rincón-Núñez, 2023; González, 2024).

Crítico-contextual y éticamente, el objetivo específico 3 se justifica en la relevancia social de mitigar riesgos como el Feedback Bias, que amplifica discriminación (Lum & Isaac, 2016), y la crítica a la PSD por ignorar condicionantes neoliberales (Joao & Fernández Romo, 2018). La monografía propone gobernanza algorítmica para evitar pseudo-legitimación, alineada con fines de la pena en justicia transicional (Reyes, 2018; Vega, 2018), garantizando equidad en vigilancia tecnológica.

Práctica y político-normativamente, el trabajo ofrece una hoja de ruta para optimizar recursos (modelo de patrullaje basado en riesgo) y fortalecer prevención multinivel, incluyendo cibercrimen mediante formación policial (Ávila-Niño & Rincón-Núñez, 2023). Justifica avances tecnológicos para seguridad humana (FIP, 2021), contribuyendo al conocimiento sobre ML en Latinoamérica y beneficiando instituciones como la Policía Nacional.

Objetivos

Objetivo General

Analizar crítica y sistemáticamente la pertinencia, alcance y limitaciones del machine Learning como herramienta estratégica para orientar la prevención predictiva y la gobernanza algorítmica del delito en el contexto colombiano, a partir de la revisión exhaustiva de literatura especializada, datos históricos y experiencias comparadas (2015-2025).

Objetivos Específicos

Sistematizar los patrones y las tendencias espacio-temporales de los delitos de mayor incidencia en Colombia (2015-2025) mediante una revisión sistemática de alcance (scoping review) y un análisis secundario longitudinal de datos históricos, con el fin de establecer el contexto criminológico y las variables predictivas esenciales para la criminología computacional.

Evaluar críticamente los principales algoritmos y técnicas de machine learning y Deep Learning empleadas en las estrategias de predictive policing global, realizando una evaluación crítico-contextual de su viabilidad ético-institucional y técnica para la implementación de la gobernanza algorítmica del delito en Colombia.

Formular prescriptivamente lineamientos estratégico-normativos para el diseño e implementación de modelos de criminología computacional en la política pública de seguridad colombiana (2025-2030), prescribiendo soluciones que optimicen la gobernanza algorítmica y fortalezcan la capacidad estatal de prevención situacional y social del delito.

Marco de Referencia

Estado del Arte

El análisis de la literatura reciente demuestra que la **Criminología Computacional** se ha consolidado como una herramienta global para la predicción de patrones delictivos (Mandalapu et al., 2023; Pérez Salazar, J. 2024).

A. Modelos y Eficacia Predictiva: Algoritmos de Machine Learning (ML) como Random Forest (RF), Extreme Gradient Boosting (XGBoost) y Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) han demostrado alta precisión para la predicción de *hotspots* y tasas de criminalidad en entornos urbanos (Kshatri et al., 2021; Puentes Bolivar, 2023). En contextos regionales, estudios en Medellín confirman que modelos como RF y XGBoost son efectivos para predecir hurto, homicidios y extorsión (Muñoz Jaramillo, 2021; Ardila Chávarro, 2023).

B. Modelado Temporal y Espacial: La eficacia de la predicción se vincula directamente al nivel de desagregación. Los modelos espaciales (a nivel de barrio o grilla) son cruciales para la asignación eficiente de recursos (Mohler et al., 2015; Ardila Chávarro, 2023). Para la predicción temporal (crime forecasting), se evalúa la pertinencia de arquitecturas de Deep Learning (DL) como LSTM y modelos de series temporales (Safat et al., 2021).

C. Desafíos Contextuales: La aplicabilidad de estos modelos enfrenta limitaciones significativas en ciudades intermedias (ej., Bucaramanga), debido al "limitado acervo de información delictiva y georreferenciada" (Gelvez-Ferreira et al., 2022). Esta escasez obliga a la integración de múltiples fuentes para lograr la precisión requerida.

D. Riesgos Éticos y Gobernanza: Existe una crítica robusta que advierte que los algoritmos, al entrenarse con datos históricos, pueden perpetuar sesgos humanos (Hälterlein, 2021; Sarzaeim et al., 2023). El riesgo de sesgo de retroalimentación (Feedback Bias) y la

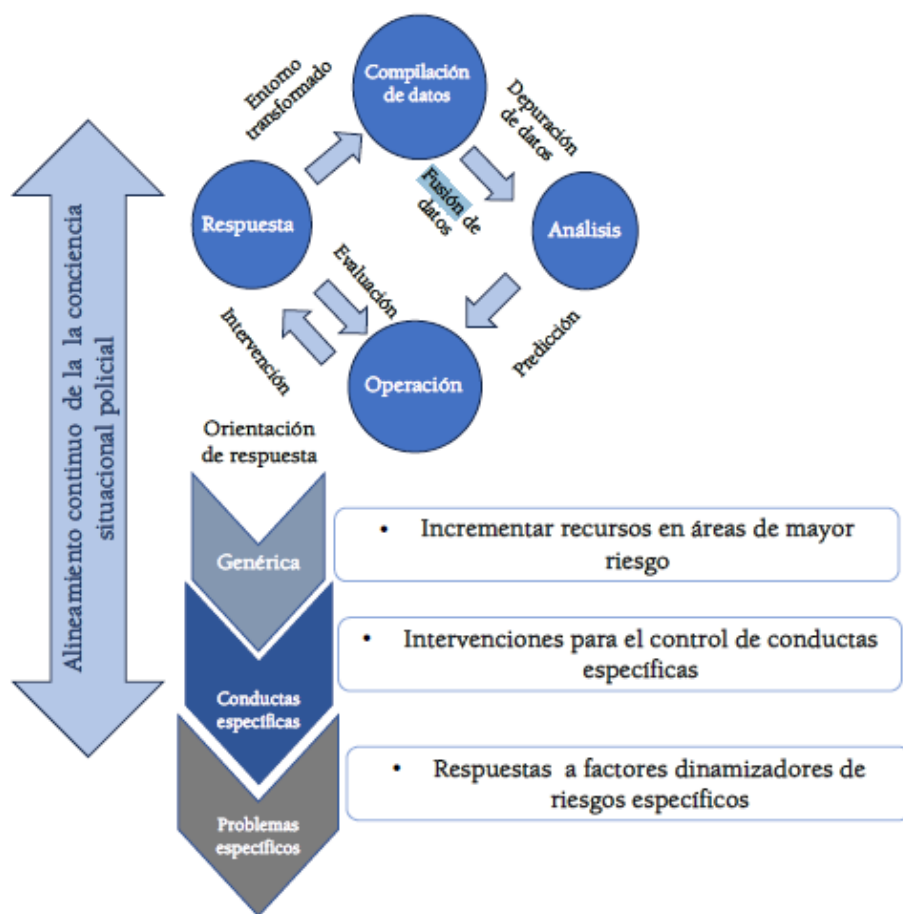
consecuente discriminación algorítmica son centrales en la literatura, haciendo imperativa la formulación de marcos de **Gobernanza Algorítmica del Riesgo** (Lum & Isaac, 2016; Simmler et al., 2023).

Marco Teórico

El marco teórico de la tesis se construye sobre tres pilares conceptuales interconectados: Servicio de Policía Basado en la Evidencia (EBP): La EBP es el paradigma que impulsa la modernización policial, buscando que las decisiones de seguridad sean "cada vez menos irreflexivas y basadas en la simple intuición", y más sustentadas en evidencia sólida (Vargas-Valencia et al., 2021; Sherman, 2013). La criminología computacional es la materialización metodológica de este enfoque, aportando la capacidad de análisis y modelado avanzado (Pérez Salazar, J. 2024), por ello es importante ver cómo se realiza la actualización continua de la conciencia situacional y la toma de decisiones en distintos niveles de la jerarquía institucional en relación con el despliegue de capacidades y medios en lugares específicos, tal como podemos apreciar en la **Figura 1**

Figura 1

Ciclo de Gestión del Conocimiento en el Enfoque de Policía Predictiva



Nota. Esquema que detalla las fases de compilación, análisis, predicción y respuesta estratégica para orientar las intervenciones policiales basadas en datos y mitigar riesgos específicos.

Tomado de Pérez Salazar, J. (2024). La criminología predictiva: ¿un futuro próximo o una ficción en lojananza? *Novum Jus*, 18(3), Pag. 353.

Ecología del Delito y Prevención Situacional: la PSD se basa en la teoría de la oportunidad y la elección racional, y sostiene que el crimen no es aleatorio, sino que se da cuando convergen un agresor motivado, un objeto disponible y la ausencia de vigilancia (Joao & Fernández Romo, 2018). Su objetivo es reducir las oportunidades mediante la manipulación del

ambiente inmediato (Clarke, 2001). El predictive policing opera como la técnica de vanguardia para aplicar la PSD al identificar con precisión los hotspots (Mohler et al., 2015).

Criminología crítica y el factor estructural: la crítica fundamental a la PSD es que su enfoque utilitarista ignora que la motivación del delincuente "en última instancia se supedita a condicionantes sociales y económicos, los que se corresponden con fallas estructurales de las sociedades actuales, propias del neoliberalismo" (Joao & Fernández Romo, 2018). Esta perspectiva obliga a la tesis a integrar variables socioestructurales (pobreza, desempleo) en el modelo predictivo, asegurando que la estrategia resultante fortalezca la prevención social, y no solo la respuesta represiva (Ardila Chávarro, 2023).

Marco Conceptual

A continuación, se definen los términos centrales de la investigación:

- Criminología computacional: es la aproximación metodológica que aplica técnicas de Machine Learning y Deep Learning para modelar y predecir los complejos patrones espacio-temporales del delito, proporcionando información para la toma de decisiones policiales (Muñoz Jaramillo, 2021; Pérez Salazar, J. 2024).

- Predictive policing (vigilancia predictiva): estrategia operativa que utiliza la predicción algorítmica de hotspots (puntos calientes) para optimizar la asignación de recursos policiales en el tiempo y el espacio, anticipándose a la ocurrencia del delito (Perry et al., 2013; Mohler et al., 2015).

- Gobernanza algorítmica del riesgo: el marco ético, técnico y político necesario para supervisar, auditar y regular el uso de sistemas de Inteligencia Artificial en el ámbito de la seguridad, garantizando la transparencia, proporcionalidad y equidad en la intervención estatal (Sarzaeim et al., 2023; Simmler et al., 2023).

- Sesgo de retroalimentación (Feedback Bias): es el riesgo documentado de que los algoritmos de predicción refuercen los sesgos inherentes en los datos históricos (ej., sobrevigilancia en ciertas comunidades), llevando a una discriminación algorítmica (Lum & Isaac, 2016; Ensign et al., 2018).

- Prevención situacional del delito: medidas dirigidas a una forma de delito específica, que implican la gestión o manipulación sistemática del ambiente inmediato para reducir las oportunidades de cometer delitos e incrementar el riesgo percibido (Joao & Fernández Romo, 2018; Clarke, 2001).

- Ciberdelitos económicos: conductas delictivas que se cometen a través de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), cuya finalidad principal es el enriquecimiento patrimonial (González Uriel, 2024). Estos incluyen estafas, phishing y ciberestafas, y presentan una alta "cifra negra" (Kemp, 2021).

- La seguridad nacional se refiere a la protección del estado y de la población ante amenazas internas y externas que puedan poner en riesgo la estabilidad, la soberanía y el bienestar del país. Incluye aspectos como la defensa militar, la lucha contra el crimen organizado, la prevención de desastres y la salvaguarda de los intereses nacionales (Ministerio de Defensa Nacional, 2019).

- Los árboles de decisión son una técnica de machine learning que utiliza una estructura de árbol jerárquica para representar y analizar procesos de toma de decisiones. mediante el análisis de datos y la identificación de características relevantes, los árboles de decisión permiten clasificar, predecir y optimizar diferentes tipos de problemas (Hastie, Tibshirani & Friedman, 2017).

- El machine learning es una rama de la inteligencia artificial que se enfoca en el desarrollo de algoritmos y técnicas que permiten a las máquinas aprender y mejorar su desempeño en tareas específicas a partir de datos y experiencias. Esto posibilita la identificación de patrones, la predicción de eventos y la toma de decisiones de manera automatizada (Russell & Norvig, 2021).

- La identificación de patrones delictivos implica el análisis de datos e información relacionada con actividades delictivas, con el objetivo de reconocer tendencias, conexiones y comportamientos recurrentes. Esto permite comprender mejor la dinámica de la delincuencia y desarrollar estrategias más efectivas para su prevención y control (Ratcliffe, 2016).

- La optimización de recursos en el contexto de la seguridad nacional se refiere al uso eficiente y efectivo de los medios humanos, tecnológicos, financieros y logísticos disponibles para la prevención y el combate del delito. Esto implica tomar decisiones informadas sobre la asignación y distribución de los recursos, con base en análisis de datos y herramientas analíticas (Cronin & Reaser, 2018).

Marco Normativo

La política criminal colombiana se ha desarrollado en el marco de una crisis de efectividad y un "modelo penal del castigo" que prevalece sobre la prevención (Gómez & Zapata, 2020).

Base constitucional y legal de la seguridad ciudadana: La Constitución Política de 1991 establece el deber del estado de garantizar la convivencia pacífica.

La Policía Nacional opera bajo la Ley 62 de 1993 y, a partir de recientes transformaciones, su enfoque se ha orientado hacia el concepto de **Seguridad Humana** y la cultura de paz.

Crisis del punitivismo: la tendencia histórica es el "populismo punitivo" y el aumento de penas (Durán Migliardi, 2016). Esto ha generado un "desequilibrio dinámico" en el sistema, elevando la impunidad (58% para homicidios) y los costos, sin mejorar significativamente la seguridad (Gómez & Zapata, 2020; Hernández Jiménez, 2020).

Fines de la pena y justicia restaurativa: la tesis se inserta en el debate sobre los fines de la pena, que constitucionalmente incluyen la resocialización (Hernández Jiménez, 2020). El enfoque de justicia transicional (JEP) introdujo objetivos adicionales como la satisfacción de las víctimas y la reconciliación (Reyes, 2017). El acuerdo de paz de 2016 reconfiguró el panorama de seguridad, desplazando el foco del conflicto armado hacia nuevas amenazas como el crimen organizado transnacional y la proliferación de la violencia (Amnistía Internacional, 2023).

Estrategia policial y de gestión territorial: El enfoque policial actual se orienta a la policía proactiva y la criminología táctica, que utiliza la focalización 3d (territorio, conducta y actores) para la contención y disrupción del delito (Vargas-Valencia et al., 2021).

Coordinación contra el crimen organizado: Estrategias como los Centros de Fusión (CEFCO/FACON) han demostrado su eficacia en Medellín (2018-2019) para coordinar la investigación penal y afectar la infraestructura financiera de los grupos criminales (GDO/GDCO), mediante el intercambio de información y la priorización de objetivos (Londoño-Hurtado et al., 2021).

Regulación de la convivencia y datos: La Ley 1801 de 2016 (Código Nacional de Seguridad y Convivencia) es relevante porque el Registro Nacional de Medidas Correctivas (RNMC) registra los comportamientos contrarios a la convivencia, proporcionando datos cruciales para identificar el desorden social y el riesgo a nivel local (Herrán-Osorio et al., 2021).

Ciberseguridad y formación policial: La respuesta a la cibercriminalidad exige la urgente inclusión de la formación en prevención y atención de delitos informáticos en la educación policial, como han señalado estudios recientes de la Policía Nacional (Ávila-Niño & Rincón-Núñez, 2023; González Uriel, 2024).

Normativa de tecnología y datos (contexto de ML): Los estudios sobre la aplicación de la inteligencia artificial en la seguridad ciudadana en el país ya advierten sobre la necesidad de considerar los sesgos, la discriminación y las implicaciones éticas en la implementación de modelos predictivos, un campo que requiere desarrollo normativo específico (Fundación Ideas para la Paz, 2022).

El uso de tecnología en este sector muestra un esfuerzo, pero la falta de una regulación específica para la IA en seguridad hace que la implementación de ML deba ser cautelosa y guiada por principios de transparencia (Pineda, 2022).

Metodología

Esta sección describe el enfoque metodológico empleado para desarrollar la monografía, basado en una investigación documental cualitativa y exploratoria. Se adoptó una revisión sistemática de alcance (scoping review) combinada con análisis secundario longitudinal de datos históricos, lo que permitió sistematizar patrones delictivos en Colombia entre 2015 y 2025, integrar conceptos de criminología computacional y formular lineamientos éticos para la gobernanza algorítmica (Ordoñez, 2023; Casallo Veliz et al., 2025; Sozzo, 2000). El proceso se centró en fuentes secundarias (documentos impresos, electrónicos y audiovisuales), procesadas con rigor ético, triangulación de fuentes para mitigar sesgos y replicabilidad mediante protocolos estandarizados. Se priorizaron criterios de validez interna (triangulación), validez externa (generalización contextual), fiabilidad (procedimientos documentados) y ética (citas precisas en APA 7ª ed., evitación de sesgos algorítmicos). Limitaciones consideradas incluyen la dependencia de datos georreferenciados y posibles subregistros de delitos, abordadas mediante diversificación de fuentes.

Método

El método principal es la revisión documental sistemática y analítica, adecuado para una monografía que investiga exhaustivamente un tema delimitado y genera conocimiento original a partir de fuentes existentes (Ordoñez, 2023; Casallo Veliz et al., 2025; Sozzo, 2000).

Se empleó un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) para analizar comprensivamente las políticas de seguridad, combinando interpretación crítica con datos estadísticos (Rodríguez & Payá, 2025).

- **Lógica inductiva:** Se utiliza para la revisión sistemática de alcance (Scoping Review), la cual permite mapear enfoques, algoritmos y viabilidad contextual del Machine Learning (ML) en

seguridad, generando categorías a partir de observaciones empíricas (Rosés et al., 2021; Bedregal Carvajal, 2024).

- Lógica deductiva: Usada en el análisis secundario longitudinal para contrastar hipótesis de la literatura con datos estadísticos, evaluando patrones delictivos y efectividad algorítmica (Hernández et al., 2014; Rosés et al., 2021).

El proceso se estructuró en cinco fases iterativas, no estrictamente lineales, permitiendo retroalimentación:

Selección y delimitación del tema: se define el problema (crisis de seguridad en Colombia con énfasis en ML), límites temporales (2015-2025) y objetivos. La búsqueda exploratoria se realizó en bases como Google Scholar y SciELO, con criterios de inclusión (fuentes post-2015, relevantes a Colombia y ML ético).

Acopio de fuentes: se recolectaron documentos mediante protocolo PRISMA-ScR adaptado: identificación (n=500 o más), cribado (n=200), elegibilidad (n=91 finales). Triangulé fuentes primarias (informes MinDefensa), secundarias (artículos como Ardila Chávarro, 2023) y terciarias (revisiones sistemáticas). Se usó Zotero para gestión de referencias.

Organización de datos y esquema conceptual: Se codificó temáticamente (e.g., patrones delictivos, algoritmos RF/XGBoost) y creé un esquema mixto (cronológico y sistémico). Se realizaron análisis secundario longitudinal para tablas/figuras.

Análisis de datos: se deconstruyeron variables (pobreza, sesgo algorítmico) mediante análisis temático comparativo, generando insights originales como la hoja de ruta 2025-2030.

Redacción y presentación: se elaboraron borradores iterativos con revisión por asesor, corrección de originalidad y preparación de video de sustentación.

Ecuación usada: la ecuación principal fue: ("machine learning" OR "deep learning" OR "predictive policing" OR "criminología computacional") AND ("prevención del delito" OR "crime prevention" OR "seguridad ciudadana" OR "citizen security") AND (Colombia OR "Latin America" OR Medellín OR Bucaramanga) AND ("gobernanza algorítmica" OR "algorithmic governance" OR "sesgo algorítmico" OR "bias"). Para variaciones, se usó: ("random forest" OR XGBoost OR LSTM) AND ("hotspots" OR "predicción de crímenes") AND Colombia NOT ("COVID-19" OR "pandemia" para excluir ruido temporal).

Figura 2

Flujograma del Proceso Metodológico



Nota. Representación visual de las cinco fases de la investigación: delimitación, acopio de 91 fuentes finales, organización esquemática, análisis temático y redacción final. El proceso integra una revisión sistemática de alcance (scoping review) y un análisis secundario longitudinal.

El cronograma seguido abarcó 20 semanas (agosto-diciembre 2025), como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1*Línea de Tiempo del Proceso*

Semana	Fase	Actividades Clave	Hitos
1-2	1	Delimitación y búsquedas iniciales	Tema definido
3-6	2	Acopio y cribado	91 fuentes finales
7-10	3	Organización y esquema	Síntesis de variables
11-16	4	Análisis	Borrador inicial
17-20	5	Redacción y revisión	Monografía final

Nota. Describe la planificación cronológica de la investigación dividida en cinco fases iterativas, abarcando desde la delimitación del tema hasta la revisión final de la monografía en un periodo de 20 semanas. Este esquema asegura la trazabilidad del proceso metodológico y el cumplimiento de los hitos académicos propuestos.

Tipo de Estudio

El estudio es de tipo descriptivo, analítico, conceptual y prescriptivo, no experimental (sin manipulación de variables ni alteración del objeto de estudio) (Bedregal Carvajal, 2024).

- Descriptivo y analítico: se orienta a identificar y caracterizar las tendencias delictivas (objetivo específico 1) y los modelos de Machine Learning (ML) (objetivo específico 2) mediante la revisión de literatura especializada (Muñoz Jaramillo, 2021; Bedregal Carvajal, 2024). El enfoque cuantitativo es indispensable para manejar grandes volúmenes de datos, permitiendo un análisis objetivo y riguroso de la información (Bedregal Carvajal, 2024). Incluye paradigma híbrido positivista-interpretativo: positivista para datos cuantitativos (tasas de homicidios), interpretativo para críticas éticas (FeedbackBias).

- Conceptual y prescriptivo: el objetivo es traducir los hallazgos en lineamientos estratégico-normativos (objetivo específico 3), proponiendo un modelo de gobernanza

algorítmica ética alineado con el Servicio de Policía Basado en la Evidencia (EBP) (Casallo Veliz et al., 2025; Bedregal Carvajal, 2024).

Recolección de Datos

La recolección se basa en fuentes de datos secundarios a través de una revisión de literatura especializada, utilizando herramientas digitales para organización y análisis.

Análisis de Contenido de Artículos Académicos (para objetivo específico 2 y objetivo específico 3):

Se recopila literatura para identificar la eficacia comparada de los algoritmos de ML más usados (como **Random Forest**, **XGBoost** y **SVM**) en tareas de clasificación y regresión para la predicción del crimen (Muñoz Jaramillo, 2021; Puentes Bolívar, 2023).

La revisión se enfocó en estudios de caso regionales (Medellín, Lima, Bucaramanga) para evaluar la viabilidad técnica y las limitaciones operacionales del ML, especialmente en contextos con limitado acervo de información georreferenciada (Gelvez-Ferreira et al., 2022).

Se consultan informes para tipificar el cibercrimen económico (fraude) y la aplicación de ML para su detección, a pesar de la alta "cifra negra" en este tipo de delitos (Rincón-Núñez, 2023).

Análisis secundario longitudinal de datos oficiales (para objetivo específico 1 y objetivo específico 3):

Datos de criminalidad: se utiliza la información del Sistema de Información Estadístico Delincuencial, Contravencional y Operativo (SIEDCO) de la Policía Nacional para obtener registros de delitos georreferenciados.

VARIABLES CRIMINÓGENAS ESTRUCTURALES: se incluyen datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) sobre desigualdad económica, desempleo y pobreza multidimensional (objetivo específico 3).

Datos de convivencia y riesgo: se utiliza el Registro Nacional de Medidas Correctivas (RNMC) (Ley 1801 de 2016) para obtener información sobre comportamientos contrarios a la convivencia (CCC), que son indicadores de desorden social y riesgo (Herrán-Osorio et al., 2021; Gómez & Zapata, 2020).

Datos de efectividad institucional: se recopilan estadísticas de la Fiscalía y el Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC) sobre denuncias, capturas, condenas y reincidencia, para deconstruir el ciclo de impunidad del sistema (Gómez & Zapata, 2020).

Para gestionar la recolección, creé tres formatos en excel:

1. "Fuentes.xlsx": en el que se realizó un registro inicial con información primaria de las (500 citas) encontradas relacionadas con el tema a abordar esto me permitió un inventario inicial rápido, evitando duplicados en columnas. Aplique el protocolo "PRISMA" pasando de 500 citas a menos de 300, se excluyeron 200 por irrelevancia, finalmente por elegibilidad y revisión completa quedaron (91 citas).

Campos del documento: diligenciados (ID, Nombre archivo, Link, Tipo, Sitio o repositorio), ejemplo: (fila 2: ID 1, Link a artículo en revistas.ustabuca.edu.co).

2. "Citas.xlsx": recolecté sistemáticamente documentos, priorizando diversidad (artículos, tesis, informes oficiales), usé Zotero para gestionar referencias, posteriormente detalle cada referencia para extraer detalles profundos.

Campos del documento: referencia APA completa, título, año, base datos, topic o mix de búsqueda, explorador utilizado, palabras clave+keywords, resumen, tipo de publicación, url

estable (drive o similar) al texto completo, nombre revista u otro, impacto (nº citas recibidas), Autores (apellido, nombre), país, universidad, tipo de investigación (Dankhe, 1986), instrumentos de recolección (cuestionario/análisis de contenido), técnicas utilizadas para el análisis de datos, limitaciones, tamaño de la muestra, tipo de muestreo, objetivo general, hipótesis/preguntas de investigación, objetivos específicos, variables utilizadas, variable objetivo de respuesta o dependiente, variables factores explicativas o independientes, conclusiones o principales hallazgos.

3. "Anexo 1-Fase 0-Emmanuel_Ramirez.xlsx": clasificación en "resultados generales" (ejemplo: porcentajes por características como machine learning: 43.33%) y síntesis en "posibles resultados" (columnas: descripción o importancia para su propuesta, dato importante. ejemplo "coordinación interinstitucional"). Esto me ayudó a verificar utilidad de fuentes y construir nuevos insights, como descripciones originales de variables.

Estos herramientas permitieron un proceso iterativo y documentado, asegurando trazabilidad desde el acopio hasta el análisis.

Resultados

1.1. Primer objetivo específico: sistematización de patrones y variables criminógenas.

El objetivo de sistematizar los patrones y las variables predictivas esenciales del delito se llevó a cabo mediante la revisión sistemática de alcance y el análisis secundario longitudinal de datos históricos (2015-2025), confirmando el contexto criminológico y las bases empíricas para la criminología computacional (Mandalapu et al., 2023; Safat et al., 2021).

1.1.1. Justificación epistemológica, teórica y metodológica: el cumplimiento de este objetivo inicial es imprescindible para superar el déficit de evidencia que ha caracterizado tradicionalmente la formulación de la política criminal colombiana. La investigación se enfoca en transitar de un modelo punitivo reactivo a uno predictivo y proactivo, racionalizando la toma de decisiones policiales y gubernamentales. Este tránsito se justifica en la constatación de que el "modelo penal del castigo prevalece frente a la prevención del crimen" y que la tendencia ha sido la de endurecer las penas y reducir las alternativas al encarcelamiento, una dinámica que ha sido calificada como "populismo punitivo" al aprovechar los sentimientos de inseguridad sin base empírica sólida (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2015; Gómez & Zapata, 2020; González, 2024).

El objetivo se cimienta sobre tres pilares interconectados: la adopción de la criminología computacional, el anclaje en la ecología del delito, y la necesidad de una deconstrucción crítica del riesgo algorítmico (Hälterlein, 2021; Pérez Salazar, 2024).

1.1.2. Desarrollo del objetivo

A. La epistemología de la criminología computacional y la gestión de datos la tesis se inscribe en la necesidad de implementar un servicio de Policía basado en la evidencia (Evidence-Based Policing). Este enfoque busca la eficiencia y eficacia mediante la toma de decisiones

rigurosas y científicas, especialmente en contextos de recursos limitados (Weisburd & Braga, 2006). La criminología computacional, como instrumento metodológico de este enfoque, se centra en el análisis de grandes volúmenes de datos (Big Data) con el fin de identificar patrones que mejoren la prevención (Borges et al., 2018; Dakalbab et al., 2022).

Para el contexto colombiano (2015-2025), el reto no es solo la aplicación de algoritmos, sino asegurar la calidad de los datos para evitar predicciones sesgadas (Lum & Isaac, 2016). La recopilación y el procesamiento exhaustivo de datos son la etapa inicial indispensable. El análisis exploratorio de los datos (Fase II de CRISP-DM) es crucial para verificar la calidad de la información, ya que los datasets pueden tener formatos inconsistentes, campos vacíos o datos desbalanceados. Este análisis es la base para desarrollar modelos confiables, pues "contando con una buena cantidad de datos limpios es mucho más fácil realizar este tipo de modelos" (Muñoz Jaramillo, 2021).

Este primer objetivo busca tipificar y sistematizar la información delictiva. La información policial (SIEDCO) y las cifras penitenciarias (INPEC) son un control reactivo del sistema, y no reflejan la realidad del comportamiento delictivo debido a las limitantes del sistema (impunidad). Por ejemplo, las estadísticas de capturas y prisionalización no son adecuadas para entender el fenómeno criminal y se ven afectadas por las modificaciones legislativas derivadas del populismo punitivo (Gómez & Zapata, 2020; Vargas-Valencia et al., 2021).

B. Marco teórico I: la ecología del delito y la cartografía espacio-temporal la ecología del delito y la criminología ambiental proporcionan el marco conceptual para la cartografía de los patrones. El crimen, especialmente en entornos urbanos, no es un evento aleatorio, sino que se concentra en microterritorios específicos o "hotspots". Esta concentración está influenciada por la oportunidad y la modificación del ambiente físico (Jeffery, 1971; Brantingham et al., 2021;

Chainey & Ratcliffe, 2022). La prevención situacional del delito, que emana de esta teoría, propone convertir al ciudadano en un blanco "inexpugnable" para evitar la victimización (Clarke, 1998; Soto, 2013).

El análisis debe identificar y cartografiar los patrones espacio-temporales multivariados.

Enfoque en delitos de alto impacto: estudios recientes en Medellín han utilizado datos históricos de hurtos (junto con variables meteorológicas y demográficas) para predecir zonas de alto riesgo. Esta desagregación a nivel de barrio y grilla permite capturar la variación oculta del crimen y es fundamental para la focalización proactiva de la policía (Hotspot Policing). La validez de estos modelos ha sido demostrada: Random Forest (RF) y XGBoost han mostrado altas precisiones (86% y 83% en Medellín) (Ardila Chávarro, 2023; Gélvez-Ferreira et al., 2022; Puentes Bolívar, 2023).

Análisis temporal: la criminalidad varía en el tiempo. Para la tipificación de estas tendencias, el análisis debe recurrir a herramientas de series temporales, como los modelos ARIMA y SARIMA. Estos modelos, al requerir que los datos se recolecten en períodos iguales y tengan un orden secuencial, son esenciales para estimar los valores futuros del crimen (pronóstico) y anticipar la planificación de estrategias de prevención (Guerra Medina, 2024; Mohler et al., 2015). El cumplimiento de este objetivo proveerá la base (variables y temporalidad) para modelos predictivos posteriores.

VARIABLES CRIMINÓGENAS ESTRUCTURALES: para que la predicción no sea un ejercicio meramente técnico, debe identificar las variables criminógenas estructurales que escapan al control policial inmediato. El análisis secundario longitudinal debe integrar datos criminales con variables socioeconómicas (DANE), como la pobreza o el desempleo, para correlacionar la incidencia delictiva con las fallas estructurales del sistema. La política criminal es ineficaz si

obvia la influencia de estos factores. La prevención debe enfocarse en la educación, el empleo, el fortalecimiento comunitario, y el apoyo a niños y jóvenes en riesgo (Hoelscher & Nussio, 2016; Joao & Fernández Romo, 2018).

C. Marco teórico II: deconstrucción crítica y gobernanza algorítmica. El imperativo de la deconstrucción crítica proviene de la necesidad de confrontar los riesgos del uso de la tecnología predictiva. Si bien el Machine Learning permite una mayor precisión al manejar patrones no lineales y relaciones complejas, también acarrea desafíos éticos y de gobernanza (Degeling & Berendt, 2021; Završnik, 2021).

Teoría del riesgo social algorítmicamente mediado: Esta perspectiva aborda el riesgo de sesgo algorítmico y la potencial discriminación. Si los modelos se entrenan con datos históricos que reflejan sesgos policiales (ej. sobrevigilancia en zonas ya estigmatizadas), el algoritmo reforzará y amplificará dichos patrones. La crítica es crucial, ya que los resultados del ML, sin supervisión, pueden llevar a una "vigilancia desproporcionada" o a decisiones policiales automáticas sin justificación confiable. Por ello, la evaluación del desempeño debe realizarse con métricas robustas como Precision, Recall, y F1-Score, más adecuadas que la simple Accuracy en contextos de datos desequilibrados (como la criminalidad) (Ensign et al., 2018; Richardson et al., 2019).

Tendencias macrocriminales y cibercrimen: El periodo 2015-2025 exige la tipificación de la ciberdelincuencia, dada la reconfiguración del delito ante el avance de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y la IA. La ciberdelincuencia económica (estafas, phishing) opera con sofisticación. Un desafío crítico es la incapacidad de cuantificar con precisión la magnitud de estos fenómenos, lo que genera una alta "cifra negra". Esta cifra negra está

influenciada por factores como la desconfianza en el sistema de justicia o la vergüenza de la víctima (González Uriel, 2024; Kemp, 2021).

La revisión debe indagar sobre el uso de técnicas de Machine Learning (supervisado) para la detección de fraude financiero. Algoritmos como la regresión logística, árboles de decisión, y redes neuronales son útiles para detectar patrones. La selección del modelo debe ser crítica, ya que en bases de datos desequilibradas, modelos como el Árbol de Decisión han superado a la Regresión Logística, logrando una mayor sensibilidad y Score F1. Además, es imperativo que las autoridades policiales reciban formación continua en prevención y atención de estos delitos informáticos, dada la velocidad de su evolución (Rincón-Núñez, 2023; Ávila-Niño & Rincón-Núñez, 2023).

D. Justificación metodológica: scoping review y análisis longitudinal: El uso de la revisión sistemática de alcance (scoping review) y el análisis secundario longitudinal está justificado por la amplitud de la tesis:

Scoping Review: se necesita un método para mapear de manera sistemática la literatura sobre enfoques, algoritmos y viabilidad contextual del ML aplicado a la seguridad. Esta revisión definirá qué algoritmos (RF, XGBoost, SVR, modelos de series temporales) se han aplicado en entornos comparables, sus métricas de desempeño (ej. Accuracy, Precision, Recall y F1 Score), y los desafíos éticos asociados (Mandalapu et al., 2023; Sarzaeim et al., 2023).

Análisis secundario longitudinal: este análisis se centrará en bases de datos existentes de organismos como la Policía Nacional (SIEDCO), el DANE, y el RNMC (Registro Nacional de Medidas Correctivas). La integración de estas fuentes es esencial, ya que permite triangular la información sobre criminalidad, factores socioeconómicos, y convivencia. Por ejemplo, el RNMC es el repositorio central de información estadística sobre comportamientos contrarios a la

convivencia y permite un análisis detallado por tiempo, modo, lugar y edad de los infractores (Herrán-Osorio et al., 2021). El análisis longitudinal (2015-2025) permitirá deconstruir la hipótesis causal de que el refuerzo penal sin inversión social incrementa la impunidad. La variable de mayor peso en la afectación del sistema es la impunidad, y el análisis debe medir cómo la impunidad se relaciona con la baja efectividad judicial y la escasa capacidad instalada del sistema penal (Buitrago & Norza, 2016).

En síntesis, este primer objetivo no solo recolecta y limpia datos, sino que proporciona la infraestructura teórica y empírica para la posterior modelización algorítmica, al tiempo que establece las fronteras de la crítica necesaria para que la gobernanza algorítmica se ejerza de manera ética y justa (Pérez Salazar, J. 2024).

1.1.3. Tablas y figuras correspondientes:

Tabla 2

Fuentes de Datos Criminales Colombia 2015-2025

Fuente de Datos	VARIABLES CLAVE Recopiladas	Cobertura Temporal y Espacial	Limitaciones Críticas (a Considerar en la Deconstrucción Crítica)
1. SIEDCO (Sistema de Información Estadístico Delincuencial, Contravencional y Operativo)	Homicidios, Hurtos (a personas, residencias, etc.), Latitud/Longitud, Modalidad del delito.	Nacional (con foco en áreas metropolitanas), 2015–2025.	Genera sesgo de retroalimentación (Feedback Bias), ya que solo registra delitos que son denunciados o donde interviene la policía (Lum & Isaac, 2016).

Fuente de Datos	Variables Clave Recopiladas	Cobertura Temporal y Espacial	Limitaciones Críticas (a Considerar en la Deconstrucción Crítica)
2. DANE (Encuestas/Censos)	Pobreza Multidimensional (IPM), Tasa de Desempleo, Datos Demográficos (Población, Edad).	Nacional (Nivel municipal, departamental).	La granularidad temporal es menor que los registros delictivos (anual o bianual); los datos se utilizan como variables contextuales.
3. RNMC (Registro Nacional de Medidas Correctivas, Ley 1801 de 2016)	Comportamientos Contrarios a la Convivencia (CCC), Tipo de medida correctiva, Localización (tiempo, modo, lugar).	Nacional, a partir del 30 de enero de 2017.	Registra comportamientos de convivencia, no delitos penales; su uso es un indicador de desorden social y riesgo (Herrán-Osorio et al., 2021). Refleja la capacidad instalada y la efectividad judicial, pero el incremento de denuncias no correlaciona con la reducción de conductas.
4. Bases de la Fiscalía General de la Nación	Denuncias, Imputaciones, Condenas.	Nacional, 2015–2025.	pero el incremento de denuncias no correlaciona con la reducción de conductas.
5. INPEC (Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario)	Hacinamiento carcelario, Ingresos al sistema (Reincidencia), Población Privada de la Libertad (PPL).	Nacional, 2015–2025.	Las cifras penitenciarias reflejan la efectividad del control reactivo, no la realidad delictiva; el

Fuente de Datos	Variables Clave Recopiladas	Cobertura Temporal y Espacial	Limitaciones Críticas (a Considerar en la Deconstrucción Crítica)
6. MEDATA/SISC (Medellín/Sist. Información para la Seguridad)	Datos históricos de hurtos (georreferenciados), indicadores de calidad de vida.	Medellín y Área Metropolitana, 2015–2025.	<p>hacinamiento impide la resocialización (Hernández Jiménez, 2020).</p> <p>La información histórica de hurtos es pública; se requiere estandarización y limpieza de formatos inconsistentes (Muñoz Jaramillo, 2021).</p> <p>Útil como variable contextual en modelos</p>
7. SIATA (Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá)	Variables meteorológicas (temperatura, precipitación).	Medellín y Área Metropolitana, 2015–2025.	<p>de criminología ambiental, pero su confiabilidad (calidad del dato) debe ser verificada (Ardila Chávarro, 2023).</p>
8. Líneas de Atención (ej. 123)	Llamadas de emergencia, reportes de incidentes (riñas, sospechas).	Nacional (priorizando ciudades capitales), 2015–2025.	<p>Registran eventos o percepciones, no necesariamente delitos tipificados, pero sirven para complementar SIEDCO (Vargas-Valencia et al., 2021).</p>

Fuente de Datos	VARIABLES CLAVE Recopiladas	Cobertura Temporal y Espacial	Limitaciones Críticas (a Considerar en la Deconstrucción Crítica)
9. Informes de Ciberseguridad (Sector Financiero)	Tasa de fraude financiero, tipologías de ciberestafas, montos.	Sectorial (Parcial), 2015– 2025.	Alta "cifra negra" y dificultad para acceder a datos sensibles; los datos suelen ser desequilibrados (González Uriel, 2024). Fuentes no oficiales, útiles para el análisis crítico, pero pueden diferir en la metodología de conteo (Indepaz, 2023).
10. Informes de ONG y Sociedad Civil (e.g., CERAC, Indepaz, Pares)	Violencia homicida, Conflictos armados urbanos, actividades de GAO/GDO/GDCO.	Nacional (foco en zonas de conflicto), 2015– 2025.	útiles para el análisis crítico, pero pueden diferir en la metodología de conteo (Indepaz, 2023).

Nota. Síntesis de las bases de datos estratégicas (SIEDCO, DANE, RNMC, INPEC) utilizadas para el análisis longitudinal, destacando sus variables clave y limitaciones como el sesgo de retroalimentación. Adaptado a partir de datos de la Policía Nacional de Colombia, DANE e INPEC.

Tabla 3

Lineamientos Estratégico-Normativos para la Gobernanza Algorítmica (Propuesta Prescriptiva)

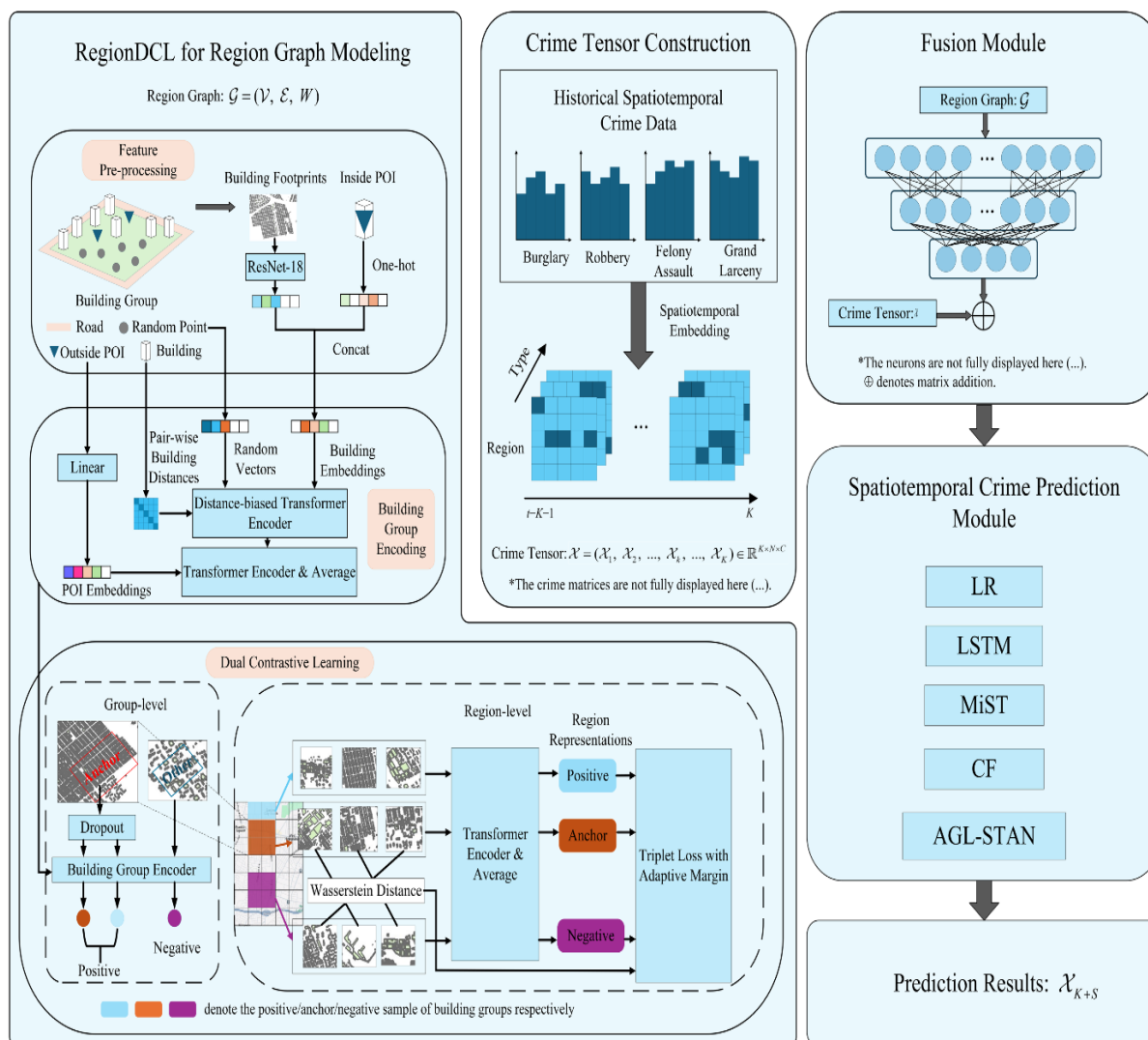
Nivel Ecológico	Ejemplos de Variables	Fuente Principal	Justificación en el Contexto Colombiano
Individual	Edad, Género, Nivel Educativo, Antecedentes Penales.	RNMC, Fiscalía General.	Factores personales que influyen en la motivación del delincuente; en Colombia, la juventud en riesgo es un

Nivel Ecológico	Ejemplos de Variables	Fuente Principal	Justificación en el Contexto Colombiano
Micro (Relacional/Familiar)	Violencia Intrafamiliar, Redes Sociales Delictivas.	Líneas 123, INPEC.	<p>predictor clave de reincidencia (Ardila Chávarro, 2023). Interacciones cercanas que fomentan el delito; la disfuncionalidad familiar es un factor estructural en zonas vulnerables (Herrán-Osorio et al., 2021).</p>
Meso (Comunitario)	Desorden Social, Hotspots Urbanos, Calidad de Vida Barrial.	SIEDCO, MEDATA.	<p>Entornos comunitarios que crean oportunidades delictivas; la segregación urbana en Medellín amplifica estos efectos (Gélvez-Ferreira et al., 2022).</p>
Macro (Societal)	Pobreza Multidimensional, Desempleo, Desigualdad Económica.	DANE, Indepaz.	<p>Fallas estructurales del sistema neoliberal; correlacionadas con tendencias macrocriminales como el crimen organizado (Hoelscher & Nussio, 2016).</p>

Nota. Clasifica las variables criminógenas en cuatro niveles ecológicos (individual, micro, meso y macro) para justificar la implementación ética de modelos predictivos en Colombia. Se enfatiza la relación entre factores como la juventud en riesgo y la pobreza multidimensional con la incidencia delictiva observada en fuentes oficiales. Adaptado a partir de datos de Ardila Chávarro (2023), Herrán-Osorio et al. (2021) y Hoelscher & Nussio (2016).

Figura 4

Predicción Espaciotemporal de la Delincuencia en la Región Urbana



Nota. Modelo que aplica generalización apilada (stacked generalization) para predecir patrones delictivos urbanos, integrando capas espaciales y temporales para identificar áreas de riesgo futuro. Adaptado de Análisis empírico de algoritmos de aprendizaje automático para la predicción de la delincuencia mediante generalización apilada: un enfoque de conjunto de V. Kshatri, N. Tripathi y M. Sharma, 2021, IEEE Access, 9, pp. 67455-67468.

Tabla 4*Variables Criminógenas Clasificadas por Nivel Ecológico*

Dimensiones	Indicadores	Fuentes	Técnicas de Análisis
Variables Criminógenas	Pobreza, Desempleo, Edad.	DANE, RNMC.	Análisis Secundario Longitudinal, Correlación (Ardila Chávarro, 2023).
Patrones Espacio-Temporales	Latitud/Longitud, Fecha/Hora.	SIEDCO, MEDATA.	Cartografía GIS, Series Temporales ARIMA (Muñoz Jaramillo, 2021).
Tendencias Macrocriminales	Tasa de Homicidios, Cifra Negra.	Indepaz, CERAC.	Deconstrucción Crítica, Análisis Exploratorio (González Uriel, 2024).

Nota. Identifica las dimensiones e indicadores esenciales para la criminología computacional, vinculando técnicas de análisis como la cartografía GIS y series temporales con fuentes como el DANE y SIEDCO. Esta síntesis permite deconstruir patrones de delincuencia y prever tendencias macrocriminales de forma sistemática. Adaptado de Ardila Chávarro (2023), Muñoz Jaramillo (2021) y González Uriel (2024).

1.2. Segundo objetivo específico: evaluación crítica de algoritmos y viabilidad.

Este objetivo evalúa la pertinencia técnica de los algoritmos de predicción de crimen y analiza críticamente su viabilidad ética y contextual para el desarrollo de una gobernanza algorítmica legítima en Colombia (Sarzaeim et al., 2023; Lum & Isaac, 2016).

A. Evaluación técnica de algoritmos (viabilidad técnica)

La viabilidad técnica se centra en identificar qué modelos de Machine Learning y Deep Learning (DL) ofrecen el mejor rendimiento para las dos tareas principales de la criminología

computacional: la clasificación (predicción de hotspots o zonas calientes) y la regresión (pronóstico de tasas de delito).

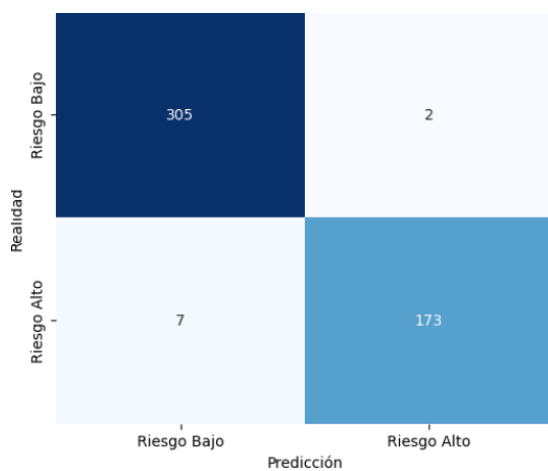
Algoritmos de clasificación y regresión: La literatura global y regional valida que los modelos de aprendizaje supervisado son los más adecuados para predecir si una sección geográfica específica será un hotspot,.

Alto rendimiento (Ensemble Learning): Modelos basados en el aprendizaje por conjuntos como Random Forest (RF) y Extreme Gradient Boosting (XGBoost) han demostrado la más alta precisión en contextos urbanos complejos. Estudios en Medellín confirman la eficacia de RF y XGBoost en la predicción de hurto y homicidio. En Lima, modelos como SVM y RF alcanzaron un F1-Score del 76.06%. Como podemos apreciar en la **Figura 5** y en la

Figura 6, las imágenes proporcionan una manera eficaz para demostrar el punto.

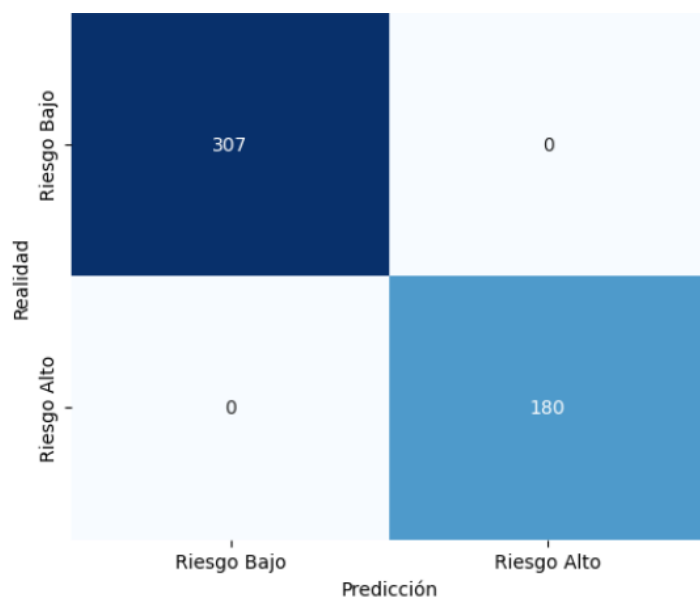
Figura 5

Matriz de Confusión Random Forest



Nota. Comparativa de rendimiento entre algoritmos de Machine Learning aplicados en el departamento de Córdoba, donde Random Forest y XGBoost demostraron precisiones superiores al 98% en la clasificación de riesgos delictivos. Tomado de Burgos Alarcón, S. R. (2025).

Análisis predictivo en seguridad pública: generación de alertas con datos históricos del departamento de Córdoba (Monografía de Especialización). Pag 31.

Figura 6*Matriz de Confusión XGBoost*

Nota. Comparativa de rendimiento entre algoritmos de Machine Learning aplicados en el departamento de Córdoba, donde Random Forest y XGBoost demostraron precisiones superiores al 98% en la clasificación de riesgos delictivos. Tomado de Burgos Alarcón, S. R. (2025). Análisis predictivo en seguridad pública: generación de alertas con datos históricos del departamento de Córdoba (Monografía de Especialización). Pag 31.

Desafío en ciudades intermedias: la precisión es alta en grandes centros urbanos, pero la viabilidad técnica disminuye en ciudades intermedias. En Bucaramanga, por ejemplo, el modelo KNN (K-Nearest Neighbors) solo logró una sensibilidad (Recall) del 59%, lo que se atribuye a un "limitado acervo de información delictiva y georreferenciada" en estos contextos.

Métricas de desempeño: dada la naturaleza desequilibrada de los datos delictivos (donde los delitos son minoría), la métrica de exactitud (Accuracy) no es suficiente y puede ser engañosa. La evaluación crítica debe priorizar:

Sensibilidad (Recall): mide la capacidad del modelo para identificar correctamente los verdaderos delitos (hotspots), vital para asegurar la cobertura.

Precisión: mide cuántas de las predicciones de hotspots fueron realmente correctas, esencial para la asignación eficiente de recursos.

F1-Score: es el promedio armónico entre Recall y Precision, ofreciendo la mejor medida balanceada del rendimiento.

Algoritmos de Deep Learning (DL): las arquitecturas DL, como las redes neuronales LSTM (Long Short-Term Memory), son esenciales para la predicción temporal (crime forecasting) y para capturar patrones estacionales y tendencias evolutivas en las series de tiempo. Su alta demanda de recursos y la opacidad inherente (Black Box) son factores a considerar en la viabilidad institucional.

Sugerencia de tabla: matriz de comparación de rendimiento de algoritmos (F1-Score, Precision, Recall) para la tarea de clasificación (hotspots) en un contexto latinoamericano. Tal como se logra apreciar en las (**Tabla 5** y **Tabla 6**).

Tabla 5

Rendimiento de los Modelos a Nivel de Barrios

Modelos	Precisión	Sensibilidad	F1	Exactitud
Random Forest	0.80	0.76	0.70	0.86
XGBoost	0.79	0.77	0.71	0.83
MCO	0.65	0.57	0.54	0.68

Nota. Métricas de desempeño comparativo de modelos de Machine Learning (ML) para predicción del crimen. Muestra la eficacia de algoritmos como Random Forest (RF) y Extreme Gradient Boosting (XGBoost) frente a modelos tradicionales. Tomado de. Ardila Chávarro, M.

C. (2023). Crimen y Factores Económicos en Medellín: Un Estudio de Predicción con Machine Learning (Tesis de Maestría). Universidad del Rosario. Pag. 22.

Tabla 6

Rendimiento de los Modelos a Nivel de Grillas

Modelos	Precisión	Sensibilidad	F1	Exactitud
Random Forest	0.75	0.78	0.68	0.83
XGBoost	0.74	0.76	0.67	0.81
MCO	0.61	0.56	0.52	0.65

Nota. Comparativa de métricas (Precisión, Sensibilidad, F1 y Exactitud) entre Random Forest, XGBoost y MCO. Random Forest demostró un rendimiento destacado en términos de exactitud, alcanzando un valor de 86 %. Tomado de Ardila Chávarro, M. C. (2023). Crimen y Factores Económicos en Medellín: Un Estudio de Predicción con Machine Learning (Tesis de Maestría). Universidad del Rosario. Pag. 22.

B. Viabilidad ética y crítica contextual (gobernanza algorítmica)

La viabilidad ética es el aspecto más crítico del ML en seguridad, ya que la tecnología no es socialmente neutra.

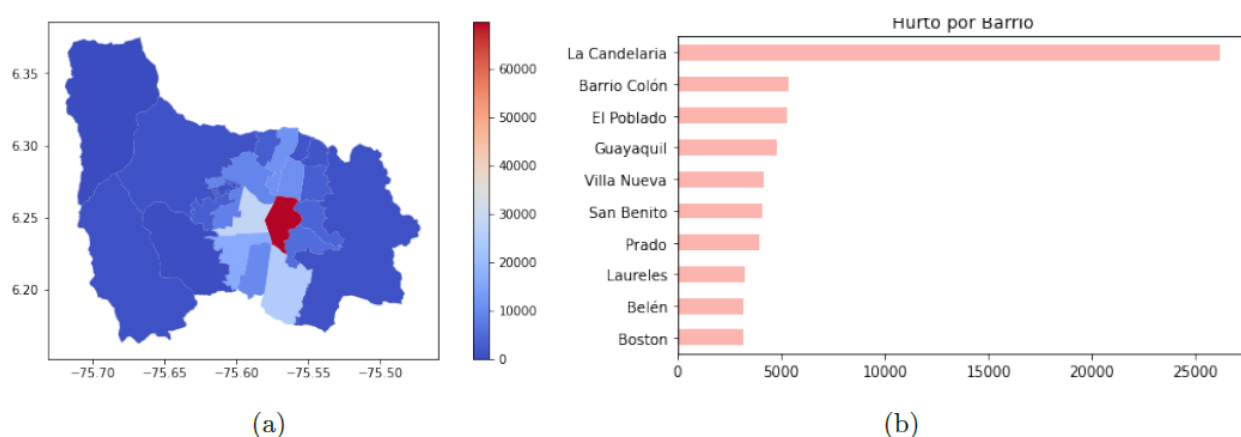
El riesgo crítico: sesgo de retroalimentación (feedback bias), el uso de algoritmos entrenados con datos policiales históricos (SIEDCO) puede generar un sesgo de retroalimentación, donde la vigilancia concentrada en ciertas zonas vulnerables es amplificada por el algoritmo, perpetuando la discriminación algorítmica. Si el modelo ignora los factores sociales y solo optimiza la respuesta, está "condenado al fracaso".

La crítica estructural: la Prevención Situacional del Delito (PSD), si se implementa de manera puramente utilitarista, desatiende la crítica de que la motivación del delincuente se debe

a “condicionantes sociales y económicos, los que se corresponden con fallas estructurales de las sociedades actuales, propias del neoliberalismo”. El análisis de correlación en Medellín demostró que las variables socioeconómicas (desempleo, pobreza multidimensional, estratificación baja y población joven) tienen un alto poder predictivo en la criminalidad. Tal como se podría apreciar en la **Figura 7**.

Figura 7

Distribución Espacial de los Crímenes (a) por Comuna y (b) por Barrio



Nota. Mapas de densidad que identifican puntos calientes (hotspots) en Medellín, revelando una alta concentración de delitos en la zona centro (comuna La Candelaria). Tomado de Muñoz Jaramillo, V. D. (2021). Evaluación de Modelos de Machine Learning para la Predicción de Crímenes en la Ciudad de Medellín (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Pag 53.

Opacidad y gobernanza: La complejidad de los algoritmos de ML y DL actúa como una “caja negra” que dificulta la trazabilidad y la deconstrucción crítica del output, lo que conlleva el riesgo de "pseudo-legitimación algorítmica". Para contrarrestar esto, la tesis justifica la necesidad de un marco de Gobernanza Algorítmica del Riesgo que asegure la transparencia, proporcionalidad y equidad en la intervención. Desafíos institucionales y operativos:

Integración con la policía proactiva: la viabilidad institucional requiere que el ML se integre al Servicio de Policía Basado en la Evidencia (EBP). El ML provee la analítica de anticipación del delito, lo cual es un componente esencial para el enfoque de criminología táctica y focalización 3D de la Policía Nacional.

Lucha contra el cibercrimen: la reconfiguración del delito por las TICs ha incrementado el cibercrimen económico (fraude, estafas), el cual opera con una alta “cifra negra”. La evaluación justifica que el ML es indispensable para la detección y prevención del fraude en el sector financiero, y que la policía necesita urgentemente capacidades en ciberseguridad.

Los resultados se resumen en la matriz métricas de desempeño comparativo de modelos de Machine Learning (ML) para predicción del crimen, como se logra apreciar en la **Tabla 5**. Esta muestra la eficacia de algoritmos como Random Forest (RF) y Extreme Gradient Boosting (XGBoost) frente a modelos tradicionales.

1.3. Tercer objetivo específico: formulación prescriptiva de lineamientos.

Este objetivo sintetiza los hallazgos críticos sobre la viabilidad de la tecnología predictiva (objetivo específico 2) en una hoja de ruta técnico-institucional (2025–2030), prescribiendo soluciones que fortalezcan la capacidad estatal de prevención situacional y social del delito, en el marco de una gobernanza algorítmica legítima.

1.4. Justificación epistemológica, político-normativa y ético-práctica:

La formulación de lineamientos estratégicos es un imperativo ético y epistemológico para la seguridad nacional en Colombia.

Superación del populismo punitivo: la política criminal colombiana ha sido históricamente reactiva y marcada por el “populismo punitivo” (incremento de penas sin evidencia empírica), lo que ha conducido a un ciclo de impunidad sistémica. Los lineamientos

prescriptivos buscan un cambio de paradigma hacia el Servicio de Policía Basado en la Evidencia (EBP), que prioriza el análisis riguroso y la racionalización de los recursos.

Mandato de integración estructural: la predicción puramente espacial (PSD) es insuficiente, pues la delincuencia se supedita a condicionantes sociales y económicos (fallas estructurales). El modelo debe integrar variables criminógenas estructurales (como pobreza, desempleo, SISBEN y estrato bajo), ya que estas tienen un alto poder predictivo y obligan a la focalización de la inversión social como medida de prevención.

Viabilidad ética y transparencia: la implementación del Machine Learning (ML) conlleva el riesgo crítico de discriminación algorítmica y sesgo de retroalimentación (Feedback Bias), al replicar patrones históricos de vigilancia en zonas vulnerables. Es indispensable establecer una Gobernanza Algorítmica del Riesgo (PGA) que asegure los principios constitucionales de transparencia, proporcionalidad y equidad, evitando la "pseudo-legitimación algorítmica" de decisiones no justificadas.

1.5. Lineamientos estratégico-normativos propuestos (2025-2030):

La siguiente tabla presenta los lineamientos prescriptivos esenciales, que articulan la necesidad ética con la viabilidad técnica y operativa del estado:

Tabla 7

Lineamientos Estratégico-Normativos Propuestos

Lineamiento	Descripción del	Fundamento	Responsable	Plazo
Estratégico-Normativo	Lineamiento Prescriptivo	Teórico Primario	Institucional Clave	(2025-2030)
1. Protocolo de Gobernanza	Creación de un marco normativo	Teoría del Riesgo Social	Ministerio de Defensa,	2026 (Diseño)

Lineamiento	Descripción del	Fundamento	Responsable	Plazo
Estratégico- Normativo	Lineamiento Prescriptivo	Teórico Primario	Institucional Clave	(2025- 2030)
	Implementar			
	métricas que			
	penalicen el			
3. Mitigación del Sesgo de Retroalimentación	Feedback Bias y exijan un Recall mínimo en zonas históricamente sub- vigiladas, utilizando	Sesgo de Retroalimentación (Feedback Bias); EBP (Eficacia y Equidad).	Policía Nacional (DIJIN), MinDefensa.	2026 (Ajuste de Métricas).
	la analítica para			
	balancear el			
	patrullaje,.			
	Formalizar la			
	estrategia de		Policía	
4. Focalización Proactiva 3D y Hotspots Dinámicos	Focalización 3D (Territorio, Conducta y Actores criminales) combinada con Hotspots Policing (patrullajes	Criminología Táctica y Hot Spots Policing.	Nacional (Dirección de Seguridad Ciudadana), Gobiernos Locales.	2025 (Directiva Operativa Nacional).

Lineamiento	Descripción del	Fundamento	Responsable	Plazo
Estratégico- Normativo	Lineamiento Prescriptivo	Teórico Primario	Institucional Clave	(2025- 2030)
	dinámicos en microterritorios),. Inversión prioritaria en la capacidad de recolección y georreferenciación			
5. Fortalecimiento del Acervo de Datos Locales	de datos en ciudades intermedias, articulando el SIEDCO con el RNMC y las líneas de atención 123. Incorporación obligatoria de módulos de prevención y atención de delitos informáticos y cibercrimen en los	Viabilidad Técnica y EBP; superación de la escasez de datos.	Minciencias (Financiación), DANE, Gobiernos Locales.	2027 (Base de Datos Unificada).
6. Programa de Educación Policial en Ciberseguridad		Adaptación a la reconfiguración del crimen por las TIC.	Dirección Nacional de Escuelas (PNP).	2025 (Reforma Curricular).

Lineamiento	Descripción del	Fundamento	Responsable	Plazo
Estratégico- Normativo	Lineamiento Prescriptivo	Teórico Primario	Institucional Clave	(2025- 2030)
	planes de estudio de la Policía Nacional,, Formalizar la coordinación y el flujo de información entre la		Fiscalía	
7. Mecanismo de Articulación Interagencial (MAI)	Policía, Fiscalía y organismos locales para la asignación óptima de recursos (siguiendo el modelo de Centros de Fusión de Medellín),.	Disuasión Focalizada y Centros de Fusión,.	General de la Nación, Policía Nacional, Secretarías de Seguridad.	2026 (Creación del MAI).
9. Modelo de Patrullaje Basado en Riesgo (PBR)	generación de hojas de ruta y mapas de calor interactivos y georreferenciados	Predictive Policing (PredPol); Optimización de Recursos.	Policía Nacional (MEBOG, METRO).	2025 (Piloto Urbano).

Lineamiento	Descripción del	Fundamento	Responsable	Plazo
Estratégico-	Lineamiento	Teórico Primario	Institucional	(2025-
Normativo	Prescriptivo		Clave	2030)

para la asignación
de recursos
vehiculares (ej.
patrullas),.

Nota. Presenta una serie de soluciones prescriptivas para el periodo 2025-2030, orientadas a fortalecer la capacidad estatal mediante protocolos de gobernanza y la mitigación del sesgo de retroalimentación. Incluye propuestas operativas como el Modelo de Patrullaje Basado en Riesgo (PBR) y la formación policial en ciberseguridad. Adaptado de basada en Sarzaeim et al. (2023), DANE (2025) y Lum & Isaac (2016).

1.5.1. Desarrollo de modelos de gobernanza y aplicación

La aplicación de los lineamientos se estructura en torno a la priorización de la prevención multinivel, donde el ML se convierte en el motor analítico.

Tabla 8

Modelo Conceptual de la Prevención Multinivel Asistida por ML

Input (Datos Enriquecidos)	Proceso (Gobernanza Algorítmica)	Output (Estrategias de Prevención)
1. Variables Puras (SIEDCO, RNMC, 123): Latitud, Hora, Modalidad.	Algoritmos ML/DL (RF, XGBoost, LSTM): Predicción de Hotspots y Tasas.	Prevención Situacional (PSD/PBR): Asignación óptima de patrullaje focalizado (Hoja de Ruta).
2. Variables Estructurales (DANE, SISBEN): Pobreza	PGA (Lineamientos 1 & 3): Auditoría ética y	Prevención Social/Estructural: Justificación de inversión en

Multidimensional, Desempleo, Edad.	mitigación del Feedback Bias.	empleo/educación en zonas de riesgo,.
Check Ético: Cuestionamiento de sesgos.	Alineación Institucional: MAI/Centros de Fusión (coordinación Fiscal-Policía).	Prevención Terciaria: Reducción de la reincidencia (Resocialización).

Nota. Visualiza el flujo de transformación de datos enriquecidos (entradas) a través de la gobernanza algorítmica (proceso) para generar estrategias concretas de prevención situacional, social y terciaria (salidas). El modelo garantiza que la analítica predictiva no se limite a la respuesta policial, sino que fundamente la inversión social estructural.

Tabla 9

Hoja de Ruta Fases Implementación ML

Fase (Plazo)	Objetivos Clave (Enfoque Central)	Actividades Críticas y Coordinación	Monitoreo del Impacto y Rendimiento	Sostenibilidad y Escalabilidad
Fase I: Diseño y Pilotaje (2025–2026)	Viabilidad Técnica y Ética. Establecer las bases analíticas y normativas para la gobernanza algorítmica.	1. Definir y establecer el Protocolo de Gobernanza Algorítmica (PGA). 2. Reformar el currículo policial para incluir módulos de prevención de ciberdelincuencia. 3. Pilotar	Rendimiento: Recall y Precision del modelo piloto (> 0.8). Gobernanza: Porcentaje de cumplimiento de los principios de transparencia del PGA. Operativo: Porcentaje de	Institucionalización: Aprobación de la reforma curricular por la Dirección Nacional de Escuelas (PNP). Infraestructura: Asegurar financiamiento para la centralización de datos locales.

Fase (Plazo)	Objetivos Clave (Enfoque Central)	Actividades Críticas y Coordinación	Monitoreo del Impacto y Rendimiento	Sostenibilidad y Escalabilidad
Fase II: Expansión y Crítica Ética (2027–2028)	Mitigación de Sesgos y traducción de la predicción a Prevención Social.	modelos ML (RF/XGBoost) para predecir hotspots en una ciudad principal (ej. Medellín). 4. Fortalecer la articulación para integrar datos (SIEDCO, RNMC, DANE). 1. Integrar obligatoriamente variables criminógenas estructurales (IPM, desempleo, SISBEN) en el input de los modelos. 2. Implementar Centros de Fusión asistidos por IA (MAI) para la Focalización 3D	horas de patrullaje asignado por predicción (vs. método tradicional). Ética/Equidad: Medición del sesgo de retroalimentación (Feedback Bias). Contextual: Correlación entre el riesgo predictivo y la justificación de la inversión social. Operativo: Nivel de reducción del	Transferencia: Fortalecimiento de la capacidad de recolección de datos georreferenciados en ciudades intermedias. Persecución: Afectación patrimonial lograda por los Centros de Fusión.

Fase (Plazo)	Objetivos Clave (Enfoque Central)	Actividades Críticas y Coordinación	Monitoreo del Impacto y Rendimiento	Sostenibilidad y Escalabilidad
Fase III: Institucionalización y Evaluación (2029–2030)	Eficacia Preventiva y Sostenibilidad Política. Convertir el ML en un estándar operativo nacional (PBR) y asegurar la Prevención Terciaria.	y la persecución del Crimen Organizado. 3. Expandir el modelo predictivo a ciudades intermedias (con énfasis en la integración de múltiples fuentes de datos).	delito en zonas de intervención.	
		1. Adopción nacional del Modelo de Patrullaje Basado en Riesgo (PBR) y hojas de ruta georreferenciadas. 2. Evaluar el impacto causal (RCTs) para medir la difusión de beneficios y evitar el desplazamiento	Eficacia: Medición de la reducción efectiva del delito y la difusión de beneficios. Legitimidad: Reducción sostenida de la impunidad (evidencia de salida del ciclo reactivo). Resocialización:	Política de Estado: Transformar la Prevención en un mandato que trascienda los periodos de gobierno, con asignación de recursos específicos. Innovación: Uso de los resultados de la evaluación para recalibrar y mejorar

Fase (Plazo)	Objetivos Clave (Enfoque Central)	Actividades Críticas y Coordinación	Monitoreo del Impacto y Rendimiento	Sostenibilidad y Escalabilidad
		del delito. 3. Formalizar la prescripción de inversión social basada en los outputs del ML (Lineamiento 8).	Monitoreo del impacto en la reincidencia (Prevención Terciaria).	continuamente los modelos.

Nota. Esta matriz detalla la ejecución escalonada de la estrategia tecnológica en tres fases (Diseño, Expansión e Institucionalización), definiendo objetivos, actividades críticas y criterios de monitoreo de impacto. El plan proyecta convertir el Machine Learning en un estándar nacional de seguridad para el año 2030, asegurando la sostenibilidad política y operativa.

Conclusiones

Conclusiones principales

Agotamiento del modelo punitivo reactivo: la política criminal tradicional en Colombia, centrada en el castigo y la privación de libertad, ha demostrado ser ineficaz, creando un ciclo de impunidad y altos costos para el Estado. El análisis longitudinal de las estadísticas de prisionalización revela que estos datos no son parámetros adecuados para entender el fenómeno criminal, afectándose por la rigurosidad normativa y el populismo punitivo. Este enfoque ha resultado en una brecha de impunidad del 58% para los homicidios en el periodo 2009-2018. Por lo tanto, la adopción de la criminología computacional se presenta como un imperativo epistemológico, alineando el Servicio de Policía con la evidencia empírica (Evidence-Based Policing) y promoviendo una asignación más eficiente de recursos.

Eficacia de la predicción espacio-temporal: la evaluación técnica de modelos de crime forecasting ha demostrado que la predicción de hotspots es altamente efectiva en grandes centros urbanos de Colombia y Latinoamérica. El uso de algoritmos de Machine Learning, especialmente Random Forest (RF) y Extreme Gradient Boosting (XGBoost), ha superado a los métodos estadísticos tradicionales, logrando altos niveles de rendimiento en la predicción de delitos como el hurto y la extorsión en Medellín. La granularidad geográfica, al permitir predicciones a nivel de barrio y grilla, proporciona una comprensión más profunda de la dinámica del crimen, lo que tiene implicaciones políticas importantes al mejorar la asignación de recursos y optimizar el uso del recurso vehicular en el Modelo de Patrullaje Basado en Riesgo (PBR).

Crítica estructural y prevención multinivel: la investigación valida la crítica estructural de la Prevención Situacional del Delito (PSD), concluyendo que la motivación del delincuente está

supeditada a condicionantes sociales y económicos, que reflejan fallas estructurales propias del neoliberalismo. Si la criminología computacional se limita a la localización espacial, corre el riesgo de perpetuar la ineficacia. El análisis ha confirmado que variables socioeconómicas, como la pobreza multidimensional y el desempleo, tienen un alto poder predictivo. Por lo tanto, el modelo de gobernanza algorítmica debe integrar estas variables como inputs obligatorios, asegurando que la analítica predictiva se utilice para justificar inversiones en educación, juventud y empleo en zonas con alto riesgo criminógeno.

Imperativo ético de la gobernanza algorítmica: la implementación de predictive policing en Colombia conlleva riesgos críticos de discriminación algorítmica y vulneración del principio de equidad. El sesgo de retroalimentación (Feedback Bias) es un riesgo significativo, ya que los algoritmos entrenados con datos históricos en zonas vulnerables refuerzan la vigilancia y estigmatización en esas comunidades. Para garantizar la legitimidad democrática de la predicción policial, es imprescindible establecer un marco formal de Gobernanza Algorítmica del Riesgo (PGA). Este marco debe exigir transparencia en el uso de algoritmos y trazabilidad de sus outputs, minimizando sesgos a través de la supervisión crítica y el uso de modelos interpretables, asegurando la proporcionalidad de la intervención.

Reconfiguración del delito por TICs: el periodo 2015-2025 ha estado marcado por la reconfiguración del delito debido al auge de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) y la Inteligencia Artificial (IA), lo que ha llevado a un aumento del cibercrimen económico (fraude, estafas, ransomware), acompañado de una alta cifra negra debido al subregistro. La capacidad estatal está limitada por la falta de herramientas computacionales efectivas y de formación en ciberseguridad para los operadores. Además, la viabilidad técnica de los modelos de Machine Learning es significativamente menor en ciudades

intermedias, como Bucaramanga, donde se observó un Recall de solo 59%. Por lo tanto, es crucial priorizar la formación policial en ciberseguridad y la creación de centros de fusión que integren datos de diversas fuentes para superar las brechas informativas.

Conclusiones por objetivo específico:

Primer objetivo específico: la revisión sistemática de alcance y el análisis secundario longitudinal de la criminalidad en Colombia (2015-2025) han permitido tipificar, cartografiar y deconstruir críticamente la trayectoria del crimen. Se ha evidenciado que el diagnóstico criminológico es incompleto si se basa únicamente en el registro administrativo de la Policía Nacional (SIEDCO). La baja capacidad instalada del sistema penal se traduce en un margen de impunidad del 58% para el homicidio. Esta constatación obliga a la criminología computacional a integrar sistemáticamente variables contextuales del DANE y el Registro Nacional de Medidas Correctivas (RNMC) para trascender la mera localización del delito y establecer una justicia epistémica. Además, se ha tipificado la reconfiguración del crimen por las TICs, subrayando la necesidad de adaptar las herramientas de ML para la detección de fraude económico.

Segundo objetivo específico: la evaluación crítico-contextual de los algoritmos de Machine Learning (ML) y Deep Learning (DL) ha demostrado que existe viabilidad técnica para la predicción de hotspots en áreas metropolitanas, especialmente con algoritmos como RF y XGBoost. Sin embargo, esta viabilidad se enfrenta a retos éticos e institucionales. Se ha validado la necesidad de aplicar el principio de precaución algorítmica debido al riesgo de sesgo de retroalimentación. La limitación en ciudades intermedias, como Bucaramanga, donde se alcanzó solo un 59% de Recall con modelos KNN, subraya la dependencia de la precisión a la calidad y cobertura de los datos georreferenciados. Por lo tanto, la implementación del ML debe ir

acompañada de la creación de un marco de gobernanza algorítmica del riesgo (PGA) que audite la proporcionalidad y equidad de las intervenciones.

Tercer objetivo específico: la formulación prescriptiva de lineamientos estratégico-normativos ha concluido en la necesidad urgente de institucionalizar la gobernanza algorítmica mediante una hoja de ruta técnico-institucional (2025-2030). Esta hoja de ruta debe redefinir el rol de la tecnología en la seguridad colombiana, formalizando el tránsito hacia un modelo de Patrullaje Basado en Riesgo (PBR) que utilice la predicción ML/DL para la asignación eficiente de recursos. Es esencial integrar variables criminógenas estructurales, asegurando que la focalización de hotspots se traduzca en inversión social y prevención estructural. Además, la viabilidad institucional requiere reformas curriculares en la formación policial para abordar la ciberdelincuencia económica y la creación de Centros de Fusión interagenciales que han demostrado eficacia en entornos complejos como Medellín.

Limitaciones de la investigación:

Dependencia de datos georreferenciados: La precisión predictiva depende de la calidad y el volumen de los datos georreferenciados. En ciudades intermedias, como Bucaramanga, la viabilidad técnica de la criminología computacional es menor debido a la falta de un acervo de información delictiva georreferenciada, lo que restringe la generalización de los modelos predictivos.

Riesgo de desplazamiento del delito: el enfoque de la Prevención Situacional del Delito (PSD) plantea la crítica del desplazamiento del delito hacia zonas menos vigiladas. La falta de un ensayo controlado aleatorio (RCT) limita la evaluación del impacto causal directo del despliegue policial asistido por ML.

Opacidad algorítmica: la dependencia de algoritmos complejos como XGBoost o Redes Neuronales introduce un riesgo de opacidad, dificultando la trazabilidad y la interpretación por parte de los operadores judiciales y policiales, lo que podría comprometer la legitimidad democrática de la intervención.

Subregistro y sesgo en la información: la eficiencia de los modelos de predicción se ve afectada por el subregistro de casos y denuncias en determinados delitos, exacerbado por la desconfianza en el sistema de justicia.

Sesgo de representación temporal: el análisis abarca el periodo crítico de la pandemia COVID-19, lo que puede haber introducido anomalías en los patrones de criminalidad, complicando la predicción de tendencias a largo plazo.

Transferencia de responsabilidad y crítica ideológica: la crítica ideológica a la prevención situacional destaca que puede transferir responsabilidades al ciudadano que corresponden al estado, exacerbando la autorresponsabilidad individual en el control del delito. Es necesario equilibrar enfoques situacionales con intervenciones estructurales para evitar desigualdades.

Recomendaciones

Aquí las recomendaciones para implementar una hoja de ruta efectiva para los modelos predictivos en Colombia deben centrarse en asegurar la legitimidad democrática y la viabilidad técnica de las herramientas de Machine Learning (ML) para que el enfoque sea proactivo y no solo reactivo.

Aquí comparto las recomendaciones clave estructuradas para una implementación estratégica (hoja de ruta 2025-2030):

- A. **Gobernanza algorítmica y ética:** es fundamental institucionalizar un marco regulatorio para asegurar la transparencia y la equidad de la intervención predictiva.
- B. **Creación del protocolo de gobernanza algorítmica (PGA):** Establecer urgentemente un marco normativo para la supervisión y auditoría de los modelos ML, priorizando la transparencia sobre la opacidad de la "caja negra".
- C. **Mitigación de sesgos obligatoria:** implementar métricas de desempeño (como Recall y F1-Score) que penalicen el Sesgo de Retroalimentación (Feedback Bias). Esto es crucial para evitar que los algoritmos amplifiquen la vigilancia en comunidades ya estigmatizadas por datos históricos.
- D. **Integración socioestructural:** exigir legalmente la inclusión de variables criminógenas estructurales (como pobreza multidimensional, desempleo y SISBEN) en los *inputs* del modelo. Esto es el mecanismo para que la predicción guíe la prevención social, y no solo la respuesta represiva.
- E. **Fortalecimiento operacional y capacidad institucional:** la implementación debe formalizar la transición hacia un Servicio de Policía Basado en la Evidencia (EBP).

F. Adopción del modelo de patrullaje basado en riesgo (PBR): formalizar el uso de los modelos ML (como Random Forest y XGBoost, que han demostrado alto rendimiento) para la planeación dinámica del servicio policial. Esto permite generar mapas de calor y hojas de ruta predictivas para la asignación eficiente de recursos vehiculares en microterritorios de alto riesgo.

G. Institucionalización de la coordinación interagencial (MAI): formalizar el Mecanismo de Articulación Interagencial (MAI) siguiendo el modelo exitoso de Centros de Fusión de Medellín (2018-2019). Esta coordinación entre Policía, Fiscalía e instituciones locales fue clave para la persecución penal estructurada del crimen organizado, logrando reducir el tiempo de liderazgo de cabecillas en un 41%.

H. Reforma curricular policial en ciberseguridad: la Dirección Nacional de Escuelas debe incorporar obligatoriamente módulos de prevención y atención de delitos informáticos. Esto es necesario para aumentar la capacidad instalada y responder a la reconfiguración del delito (ciberdelito económico) que aprovecha las TICs.

I. Prevención y generación de datos: priorizar la inversión en la capacidad de georreferenciación y la articulación de datos (SIEDCO, RNMC, líneas 123) en ciudades intermedias, ya que la precisión predictiva es limitada en estos entornos por la escasez de información.

J. Evaluación cuantitativa de impacto (EBP): establecer protocolos para exigir la medición de la reducción efectiva del delito y la difusión de beneficios (evitando el desplazamiento del crimen) después de la intervención de ML, utilizando metodologías rigurosas de evaluación.

K. Líneas futuras de investigación: a partir de las limitaciones identificadas, propongo las siguientes líneas que expanden el campo de la criminología computacional Latinoamericana crítica:

1. Desarrollo de un centro nacional de analítica criminal integrada (Data Hub): Se requiere proponer y diseñar la arquitectura para un repositorio centralizado de datos que integre y estandarice las bases de SIEDCO, RNMC, DANE y fuentes externas (líneas 123).

Este Data Hub busca superar la principal limitación técnica: la escasez de información georreferenciada en ciudades intermedias, asegurando la viabilidad técnica y el acervo de datos para todas las entidades territoriales.

2. Evaluación de impacto rigurosa mediante ensayos controlados aleatorios (RCTs): Es fundamental financiar y ejecutar estudios de intervención controlada que comparen el Modelo de Patrullaje Basado en Riesgo (PBR) asistido por Machine Learning (ML) con el patrullaje tradicional.

El objetivo es medir la difusión de beneficios y cuantificar la reducción neta del delito, superando la crítica del desplazamiento del crimen (la cual no fue abordada por un RCT en este estudio).

3. Investigación sobre interpretación algorítmica (XAI) para la justicia epistémica: Se debe desarrollar herramientas de Explainable AI (XAI) aplicadas a los modelos de ML más efectivos (como Random Forest y XGBoost).

Esta línea busca dotar a los operadores judiciales y policiales de la capacidad de comprender y justificar las predicciones, mitigando la opacidad (caja negra) y el riesgo de pseudo-legitimación algorítmica.

4. Modelado de la resiliencia criminal y adaptación de actores: investigar, utilizando técnicas de series temporales avanzadas (LSTM) y modelado de sistemas complejos, cómo las organizaciones criminales (GAOs, GDOs) y los delincuentes individuales adaptan sus comportamientos en respuesta a las intervenciones predictivas.

Esto permitiría crear modelos de segunda generación que anticipen la reconfiguración del crimen.

5. Fortalecimiento de Capacidades Institucionales frente al Cibercrimen: se debe focalizar la investigación en el uso de modelos de ML específicos para la detección temprana y prevención del fraude financiero y las ciberestafas en el sector bancario y otros sectores económicos.

Es necesario desarrollar estudios que soporten la reforma curricular policial para incluir módulos obligatorios de ciberseguridad y prevención de delitos informáticos, dada la limitada capacidad instalada para combatir esta amenaza emergente.

Referencias Bibliográficas

- Acero, V. H. (2005). La seguridad ciudadana una responsabilidad de los gobiernos locales en Colombia. *Ciudad y seguridad en América Latina*, 133-150.
- Acero, V. H. (2009). Como recuperar y garantizar la seguridad de los ciudadanos. *Cuadernos de Segurança Pública*, 1(0), 1-19.
- Acemoglu, D. y Robinson, J. (2020). *El pasillo estrecho. Estados, sociedades y cómo alcanzar la libertad*. Editorial Planeta.
- Acosta, D. (1996). *Sistema Integral de Tratamiento Progresivo Penitenciario. Reflexión en torno a la construcción de un modelo de atención a internos*. Bogotá: INPEC.
- Álvarez, F. (2015). El concepto de endurecimiento del blanco y su utilidad en la prevención del delito.
- Álvarez Gil, D. (2021). *Metodología CRISP-DM*.
- Aracil, J. (1995). *Dinámica de Sistemas*. Madrid: Isdefe.
- Araya, J., Tocornal, X. & Tapia, P. (2011). *Evaluación y buenas prácticas, aprendizajes y desafíos para la prevención del delito y la violencia*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Ardila Chávarro, M. C. (2023). *Crimen y Factores Económicos en Medellín: Un Estudio de Predicción con Machine Learning*. Universidad del Rosario.
- Arenas Nero, E. H., & Arenas Nero, L. O. (2023). *La prevención del delito en la política criminológica vigente de Panamá*. Universidad de Panamá.
- Avila-Niño, F. Y., & Rincón-Núñez, P. M. (2023). Inclusión de la formación en prevención y atención de delitos informáticos en la educación policial. *Revista Educación*, 47(2).

- Ayos, E. J. (2014). Prevención del delito y teorías criminológicas: tres problematizaciones sobre el presente. *Revista Estudios Socio-Jurídicos*, 16(2), 265-312.
- Aziz, R. M., Hussain, A., Sharma, P., & Kumar, P. (2022). Machine Learning-based Soft Computing Regression Analysis Approach for Crime Data Prediction. *Karbala International Journal of Modern Science*, 8(1).
- Babuta, A. (2017). *Big Data and Policing An Assessment of Law Enforcement Requirements, Expectations and Priorities*.
- Bacigalupo, E. (1982). Sobre la dogmática penal y la criminología. *Nuevo Foro Penal*, 12(12), 396-410.
- Beccaria, C. (1973). *Dei delitti e delle pene*. Einaudi.
- Becker, G. S. (1968). Crime and punishment: An economic approach. *Journal of Political Economy*, 76(2).
- Bedregal Carvajal, V. (2025). *Municipalidades y prevención de delitos violentos: Análisis de las acciones preventivas frente a delitos violentos contempladas en los Planes Comunales de Seguridad Pública de las regiones de Tarapacá, Metropolitana y Biobío entre los años 2020-2024*. Universidad de Chile.
- Binder, A. M. (2010). La política criminal en el marco de las políticas públicas. Bases para el análisis político-criminal. *Revista de Estudios de la Justicia*, (12), 213-229.
- Borges, J., Zierh, D., & Beigl, M. (2018). Time-Series Features for Predictive Policing.
- Braga, A. A., Weisburd, D. L. & Turchan, B. (2019). Focused deterrence strategies effects on crime: A systematic review. *Campbell Sistematic Reviews*.
- Braithwaite, J. (1989). *Crime, Shame and Reintegration*. Cambridge University Press.

- Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1984). *Classification and Regression Trees*. Wadsworth.
- Buitrago Cubides, J. R., Bernal Urrutia, P. A., & Rodríguez Ortega, J. D. (2015). Registros administrativos de policía para la consolidación de cifras de criminalidad en Colombia. *Revista Criminalidad*, 57(2), 11-22.
- Burgos Alarcón, S. R. (2025). *Análisis predictivo en seguridad pública: generación de alertas con datos históricos del departamento de Córdoba*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2021). *Informe sobre Obstáculos a la Inversión y el Crecimiento Empresarial en Colombia*.
- Carmona, M., & Londoño, L. (2021). *Modelos de Machine Learning para la Detección de Fraude Financiero*.
- Carranza, E. (2012). Situación penitenciaria en América Latina y el Caribe ¿Qué hacer? *Anuario de derechos humanos (Universidad de Chile)*, (8), 31-66.
- Casallo Veliz, J., Huamani Gonzales, L. A., & Palacios Carillo, A. A. (2025). *Implementación de un Aplicativo Predictivo de Criminalidad basado en Machine Learning para mejorar la asignación de recursos policiales en Lima Metropolitana*.
- Cervantes, A. et al. (2023). Estimating the economic impact of interpersonal violence in Mexico in 2021: projecting three hypothetical scenarios for 2030. *Rev Panam Salud Publica*.
- Cid Moliné, J., y Larrauri, E. (2014). *Teorías criminológicas explicación prevención delincuencia*. Editorial Bosch.
- Clarke, R. V. (1998). *Situational Crime Prevention: Successful Case Studies*. (2a ed.). Albany, New York: Harrow and Heston.

- Cockcroft, T., Shan-A-Khuda, M., Cliffe, Z., & Trevorrow, P. (2018). *Police Cybercrime Training: Perceptions, Pedagogy and Policy*.
- Comisión Asesora de Política Criminal. (2012). *Informe Final. Diagnóstico y propuesta de lineamientos de política criminal para el Estado colombiano*.
- Comisión Colombiana de Juristas. (2007). *Compilación de documentos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU)*.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2015). *Documento Conpes 3828. Política Penitenciaria y Carcelaria en Colombia*.
- Corbacho, A., Philipp, J. & Ruiz-Vega, M. (2015). Crime and Erosion of Trust: Evidence for Latin America. *World Development*, 70, 400-415.
- Dakalbab, F. et al. (2022). Artificial intelligence & crime prediction: A systematic literature review. *Social Sciences and Humanities Open*, 6(1).
- Díez, J. L. (2012). Un diagnóstico y algunos remedios de la política criminal española. *Revista de Estudios de la Justicia*, (16), 31-54.
- Duarte Herrera, L. K., & Pedraza Beleño, J. A. (2017). La incorporación de la política pública de seguridad y convivencia en la agenda gubernamental de Medellín 1990-2005. *Sociedad Y Economía*, (33).
- Durán Migliardi, M. (2016). La prevención general positiva como límite constitucional de la pena. Concepto, ámbitos de aplicación y discusión sobre su función. *Revista de Derecho*, 30(1), 275-295.
- Ehrlich, I. (1981). On the Usefulness of Controlling Individuals: An Economic Analysis of Rehabilitation, Incapacitation and Deterrence. *American Economic Review*, 71, 307-332.

- Ensign, D., Friedler, S. A. et al. (2018). Runaway feedback loops in predictive policing. *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*.
- Europol. (2020). *Fraude del CEO*.
- Fernando Luis Joao, & Fernández Romo, R. M. (2018). La prevención del delito a través de prácticas situacionales. *IUSTA*, 0(16).
- Ferrajoli, L. (1997). *Derecho y razón. Teoría del Garantismo Penal*. Madrid, España: Editorial Trotta, S.A.
- Fiscalía General de la Nación. (2023). *Estadística de denuncias por delitos*.
- Fundación Paz y Reconciliación. (2022). *El Potencial del Machine Learning para Mejorar la Seguridad Nacional en Colombia*.
- Garland, D. (2005). *La cultura del control Crimen y orden social en la sociedad contemporánea*. Barcelona: Gedisa.
- Gelvez Ferreira, J. D., Nieto-Rodríguez, M.-P., & Rocha-Ruiz, C.-A. (2022). Prediciendo el crimen en ciudades intermedias: un modelo de “machine learning” en Bucaramanga, Colombia. *URVIO. Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad*, (34), 83-98.
- Gómez, O. (2020). Efectividad de la política criminal colombiana hacia la prevención del delito. *Revista Criminalidad*, 62(3).
- González Uriel, D. (2024). Algunas dificultades en la detección e investigación de los ciberdelitos económicos. *Ciencia Policial*, 1, 181-224.
- Guerra Medina, C. P. (2024). *Medellín Seguro: Predicción Inteligente del número de hurtos a personas con algoritmos basados en Series Temporales*. Universidad EAFIT.
- Hälterlein, J. (2021). Epistemologies of predictive policing: Mathematical social science, social physics and machine learning. *Big Data & Society*, 8(1).

- Hein, A. y Rau, M. (2004). *Estudio comparado de políticas de prevención del crimen mediante el diseño ambiental CPTED*. Fundación Paz Ciudadana. Santiago.
- Hernández Jiménez, N. (2020). De la privación a la restricción de la libertad y otras sanciones penales. *Vniversitas*, 69, 1-32.
- Herrán-Osorio, C. A., Jiménez-Guerrero, H. A., Villota-Benavides, L. V., & Dussán-Quintana, J. R. (2021). Estadísticas de convivencia desde la aplicación del Código Nacional de Seguridad y Convivencia Ciudadana. En J. L. Vargas-Valencia et al. (coords.), *Seguridad y Convivencia Ciudadana en Colombia: Teorías, datos y estrategias aplicadas* (pp. 163-188).
- Kemp, S. (2021). Cibercriminalidad y cifra negra frente al fraude durante una pandemia. *Minipapers PostC*.
- Kshatri, V. et al. (2021). An Empirical Analysis of Machine Learning Algorithms for Crime Prediction Using Stacked Generalization: An Ensemble Approach. *IEEE Access*, 9, 67455–67468.
- Londoño-Hurtado, A., Tobón-Villada, A. F., & Silva-Díaz, C. I. (2021). Centros de fusión como instrumentos para intervenir el crimen organizado en entornos urbanos. Medellín 2018-2019. En J. L. Vargas-Valencia et al. (coords.), *Seguridad y Convivencia Ciudadana en Colombia: Teorías, datos y estrategias aplicadas* (pp. 85-106).
- López, G., & Manosalvas, P. (2023). *Datos y Criminalidad: Machine Learning aplicado en modelos predictivos en seguridad*.
- Lum, K., & Isaac, W. (2016). To predict and serve? *Significance*, 13(5), 14–19.
- Mantilla-Barreto, J. A. (2021). Así se acabó el Bronx: estrategia para territorios de alta complejidad en Bogotá 2016-2019. En J. L. Vargas-Valencia et al. (coords.), *Seguridad y*

- Convivencia Ciudadana en Colombia: Teorías, datos y estrategias aplicadas* (pp. 107-129).
- Mandalapu, P., Nandyala, S. K., & Reddy, N. V. (2023). Crime Prediction Using Machine Learning and Deep Learning: A Systematic Review and Future Directions. *IEEE Access*, *11*, 57571–57593.
- Medina, J. J. (1997). El control social del delito a través de la prevención situacional. *En Cuadernos de Derecho Penal y Criminología*, *15*, 271-328.
- Mir, S. (1989). ¿Qué queda en pie de la resocialización? *Eguzkilore (Número extraordinario)*, (2), 35-41.
- Miró Llinares, F. (2012). *El Cibercrimen. Fenomenología y criminología de la delincuencia en el ciberespacio*. Marcial Pons.
- Mohler, G. O., Short, M. B. et al. (2015). Randomized Controlled Field Trials of Predictive Policing. *Journal of the American Statistical Association*, *110*(512).
- Muñagorri, I. (2007). Imagen del delito y del delincuente a partir de las nuevas políticas e ideologías sobre la seguridad. *Delito y sociedad: Revista de Ciencias Sociales*, (23), 49-58.
- Muñoz Jaramillo, V. D. (2021). *Evaluación de Modelos de Machine Learning para la Predicción de Crímenes en la Ciudad de Medellín*. Universidad Nacional de Colombia.
- Muñoz, F. (2001). *Introducción a la criminología*. Valencia: Editorial Tirant lo Blanch.
- Newman, O., & National Institute of Law Enforcement and Criminal Justice. (1973). *Architectural design for crime prevention*.
- Norza, E. H. (2018). Criminología táctica desde el observatorio del delito en Colombia. *Asociación Colombiana de Criminología, Blog edición noviembre de 2018*.

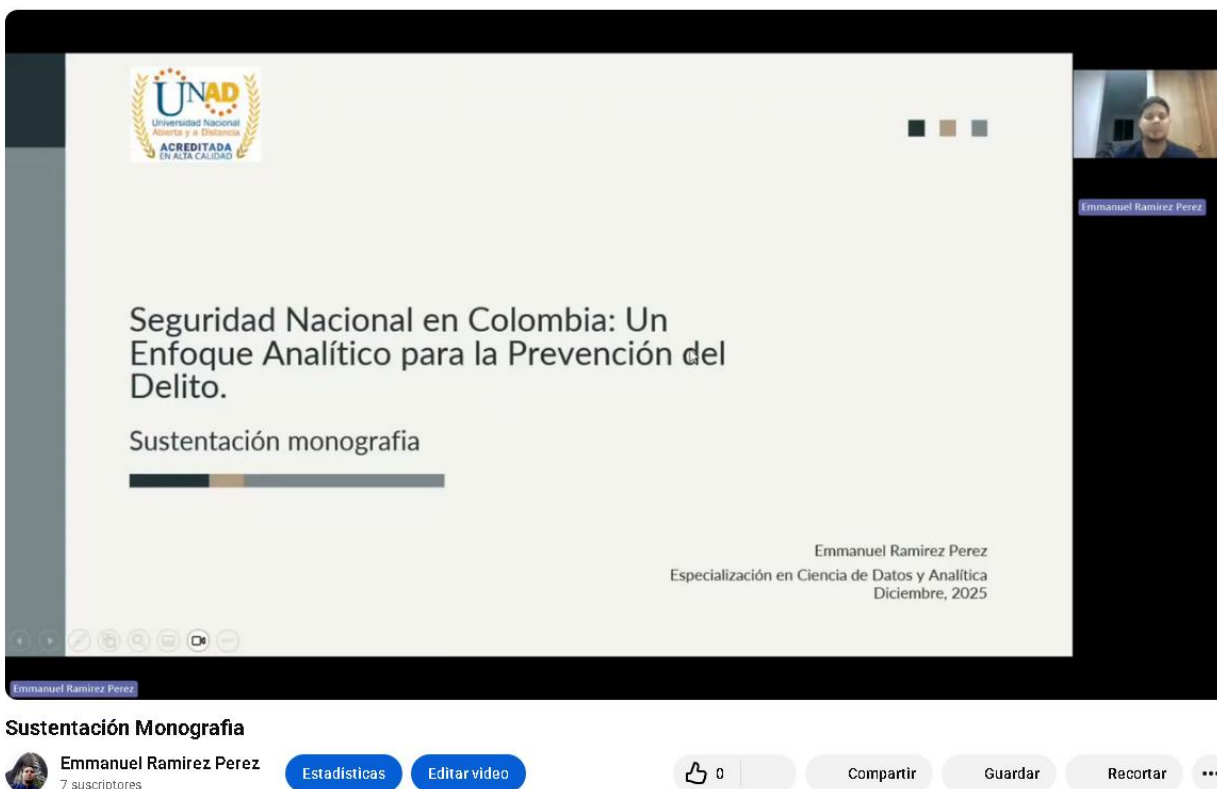
- Nussio, E. y Norza Céspedes, E. (2018). “Deterring delinquents with information. Evidence from a randomized poster campaign in Bogotá”. *Plos One*, 13(7), e0200593.
- Parthasarathy, P., R., & V. P. (2020). Survey on Crime Analysis and Prediction Using Data Mining and Machine Learning Techniques. *En Smart Innovation, Systems and Technologies*.
- Pérez Salazar, J. (2024). La criminología predictiva: ¿un futuro próximo o una ficción en la distancia? *Novum Jus*, 18(3), 343–396.
<https://doi.org/10.14718/NovumJus.2024.18.3.13>
- PNUD. (2013). *Informe Regional de Desarrollo Humano 2013-2014*.
- Puentes Bolívar, R. (2023). *Modelo Predictivo de Hurto para la Ciudad de Medellín Utilizando Machine Learning*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Quintero Acuña, L. K. (2023). *Aplicación de Machine Learning a un modelo tradicional de Prevención y detección de fraude en entidad financiera proyectado a periodos trimestrales*. Universidad de La Salle.
- Roxin, C. (2006). El dominio de la organización como forma independiente de autoría mediata. *Revista de Estudios de la Justicia*, 7, 11-22.
- Safat, H. A., Khan, M. A., & Zarin, H. A. (2021). Empirical Analysis for Crime Prediction and Forecasting Using Machine Learning and Deep Learning Techniques. *IEEE Access*, 9, 66085–66100.
- Salazar, F. (2007). La prevención situacional del delito en espacios públicos urbanos: rol del gobierno local. *En L. Dammert & L. Zúñiga (coord.), Seguridad y violencia: desafíos para la ciudadanía*. (pp. 189-213). Flacso.

- Saraiva et al. (2022). Crime Prediction and Monitoring in Porto, Portugal, Using Machine Learning, Spatial and Text Analytics. *IJGI*, 11(7).
- Sarzaeim, P., Mahmoud, Q. H. et al. (2023). A Systematic Review of Using Machine Learning and Natural Language Processing in Smart Policing. *Computers*, 12(12), 255.
- Shavell, S. (1987). A Model of Optimal Incapacitation. *American Economic Review*, 77, 107-110.
- Simmler, M., Suter, S., & Jent, S. (2023). Smart criminal justice: exploring the use of algorithms in the Swiss criminal justice system. *Crime Science*, 12(1).
- Torrente, D. (2001). *Desviación y delito*. Madrid: Alianza Editorial.
- Vargas-Valencia, J. L., Ibáñez-Pedraza, R. A., Norza-Céspedes, E. H., & Casilimas-Murcia, E. (2021). Enfoque de policía proactiva en los cambios recientes del crimen durante el escenario de pandemia COVID-19. En J. L. Vargas-Valencia et al. (coords.), *Seguridad y Convivencia Ciudadana en Colombia* (pp. 65-83).
- Vargas-Valencia, J. L., Ibáñez-Pedraza, R., Norza-Céspedes, E. H., & Torres-Preciado, J. F. (coords.). (2021). *Seguridad y Convivencia Ciudadana en Colombia: Teorías, datos y estrategias aplicadas*. Editorial de la Dirección Nacional de Escuelas de la Policía Nacional de Colombia.
- Waller, I. (2020). *Ciencia y secretos para acabar el crimen violento*.

Ápéndices

Apéndice A

Evidencia de Sustentación Final



The image shows a video player interface. The main content is a slide with the following text:

UNAD
Universidad Nacional
Abierta y a Distancia
ACREDITADA
EN ALTA CALIDAD

Seguridad Nacional en Colombia: Un
Enfoque Analítico para la Prevención del
Delito.

Sustentación monografía

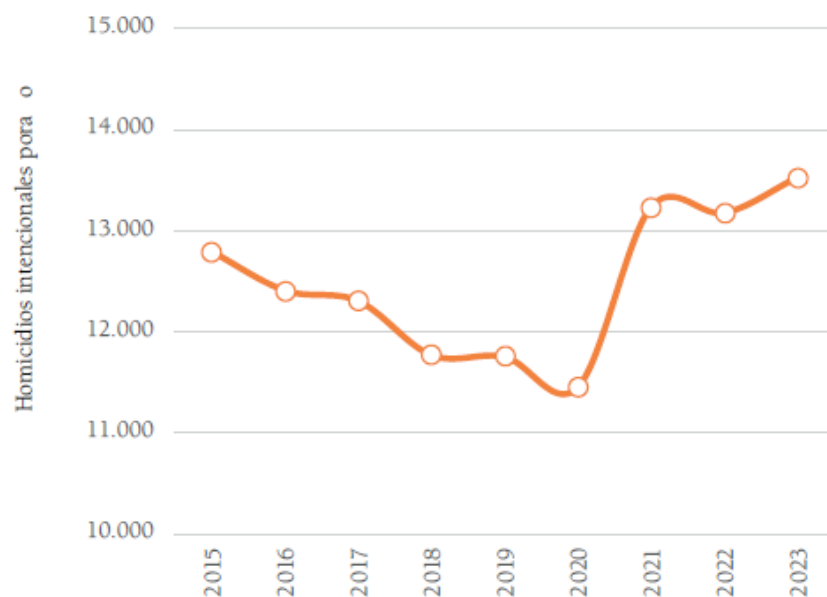
Emmanuel Ramirez Perez
Especialización en Ciencia de Datos y Analítica
Diciembre, 2025

Below the video player, the video title is "Sustentación Monografía". The channel name is "Emmanuel Ramirez Perez" with 7 subscribers. There are buttons for "Estadísticas" and "Editar video". The video has 0 likes. There are also buttons for "Compartir", "Guardar", "Recortar", and a menu icon.

Nota. Evidencia del video publicado para la sustentación de la monografía. Tomado de <https://youtu.be/7daTKbuABX8>

Apéndice B

Colombia: Homicidios 2015-2023



Nota. Datos históricos de homicidios intencionales por año en Bogotá, Medellín y Cali. Muestra la tendencia a la baja en la década anterior y el incremento sostenido de la violencia homicida en la década actual. Tomado de Pérez Salazar, J. (2024). La criminología predictiva: ¿un futuro próximo o una ficción en lontananza? *Novum Jus*, 18(3), 359.