



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ
FACULTAD DE DERECHO Y CIENCIAS
POLÍTICAS



ESCUELA DE INVESTIGACION CRIMINAL Y
SEGURIDAD

PROGRAMA DE LICENCIATURA EN INVESTIGACIÓN CRIMINAL Y SEGURIDAD

TESIS:

APLICACIÓN DE LA GEORREFERENCIACIÓN EN LA BÚSQUEDA DE PERSONAS
DESAPARECIDAS EN LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ 2022- 2025.

AUTOR:

MARIE HURTADO, 4-815-584

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN
INVESTIGACIÓN CRIMINAL Y SEGURIDAD

DOCENTE ASESOR:

DRA. LILIBETH CAZASOLA

DAVID, CHIRIQUÍ

2026

DEDICATORIA

A Mi Madre, que siempre me ha dado el respaldo de mantener mi camino, aunque sea difícil y complicado, aunque no siempre estemos de acuerdo.

A Mi Hermana, que, aunque no seamos sangre, a estado a mi lado más que nadie, tanto en los momentos buenos y difíciles.

A Mi Abuela, mi casi madre, por sus muchas bendiciones cuando se las pedía.

A Mis Mejores Amigos, por estar allí simplemente siendo mi compañía más preciada.

A mi familia entera por estar allí, recordándome lo que quiero lograr.

A mis profesores por enseñarme y transmitirme sus conocimientos.

Y a Dios, por inspirarme a escribir sobre esto y guiarme. Sin el yo nada sería.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo.

A mis docentes y asesores, por su guía constante, su compromiso con la investigación y por brindarme las herramientas necesarias para comprender la importancia del análisis científico aplicado a la búsqueda de personas desaparecidas y la preservación de la verdad.

A las instituciones académicas y organismos forenses que facilitaron el acceso a fuentes, bases de datos y experiencias de campo, cuyo aporte fue esencial para el desarrollo de este estudio.

A los colectivos de familiares y organizaciones civiles que, con su valentía y perseverancia, inspiran la búsqueda de soluciones tecnológicas y humanas frente a esta problemática que nos duele como sociedad.

A mi familia y amistades, por su apoyo incondicional, paciencia y aliento en cada etapa de este proceso.

Índice General

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
DECLARACIÓN JURADA.....	5
HOJA DEL TRIBUNAL EVALUADOR	6
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN	13
1. ASPECTOS GENERALES	17
2. MARCO TEÓRICO	33
3. MARCO METODOLÓGICO.	48
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	53
CONCLUSIONES.....	69
CONSIDERACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

DECLARACIÓN JURADA

Declaración jurada de la Universidad Autónoma de Chiriquí. Quien firma la presente declaración jurada es la estudiante Marie Hurtado, con cédula y de identidad 4-815-584 matriculada en la Licenciatura de Investigación Criminal y Seguridad, ofertada por la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas, declaro que el material presentado en esta tesis titulada ” APLICACIÓN DE LA GEORREFERENCIACIÓN EN LA BÚSQUEDA DE PERSONAS DESAPARECIDAS EN LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ 2022- 2025” es completamente original y de mi autoría, afirmo que este trabajo no guarda similitud con otros trabajos realizados por otros estudiantes o con cualquier otra producción previa con esto quiero eximir a la Universidad Autónoma de Chiriquí de cualquiera responsabilidad relacionada con este aspecto.

Se firma esta declaración el lunes, 17 de agosto del año 2026.

Marie Hurtado

HOJA DEL TRIBUNAL EVALUADOR

Licenciatura en Investigación Criminal y Seguridad. Este trabajo de investigación ha sido aprobado por el siguiente Tribunal Evaluador de la Licenciatura de Investigación Criminal y Seguridad.

Dra. Lilibeth Casasola

Asesor

Dr. Teófilo Moreno

Dr. Juan Gómez

Lector

CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
DECLARACIÓN JURADA.....	5
HOJA DEL TRIBUNAL EVALUADOR	6
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN	13
1. ASPECTOS GENERALES	17
1.1 Relevancia del Tema	18
1.2 Antecedentes del problema.....	21
1.3 Justificación.....	24
1.4 Planteamiento del problema	27
1.5 Objetivos	27
1.5.1 Objetivo General	27
1.5.2 Objetivos Específicos.....	28
1.6 Hipótesis de trabajo	28
1.7 Delimitación	28
1.8 Limitación	29
1.9 Importancia	30

1.10 Aportes de la investigación	31
2. MARCO TEÓRICO	33
2.1 Herramientas de Georreferenciación Aplicadas a la Búsqueda de Personas Desaparecidas.....	34
2.2 Definición Y Fundamentos De La Georreferenciación	37
2.3 Tecnologías Más Empleadas	38
2.3.1 SIG & análisis espacial tradicional, QGIS/PostGIS	38
2.3.2 Teledetección satelital, NDVI, multiespectral + UAVs.....	39
2.3.3 Geofísica en tierra, GPR y resistividad, como complemento	39
2.4 Experiencias latinoamericanas.....	41
2.5 Eficacia y limitaciones	41
2.5.1 La Calidad y Disponibilidad de los Datos.....	41
2.5.2 Capacidad Institucional y Capital Humano Especializado	42
2.6 Infraestructura Tecnológica y Sostenibilidad Financiera	43
2.7 Conceptos Clave del Análisis de Datos Aplicados a la Búsqueda Humanitaria.....	44
2.7.1 Tipos de análisis empleados.....	45
2.7.2 Experiencias en América Latina	45
2.7.3 Impacto y eficacia documentada.....	45
2.7.4 Herramientas Transnacionales e Integración Histórica.....	46
3. MARCO METODOLÓGICO.	48
3.1 Contexto geográfico: Centroamérica y República de Panamá	49

3.2 Enfoque metodológico.....	49
3.2.1 Naturaleza de la investigación	49
3.2.2 Estrategia de búsqueda y selección documental.....	49
3.2.3 Criterios.....	50
3.2.4 Técnicas de análisis documental.....	50
3.3 Diseño de la investigación.....	50
3.4 Tipo de investigación.	51
3.5 Población/muestra.....	51
3.6 Técnicas/instrumentos de evaluación	52
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	53
4.1 Análisis e interpretación de los resultados	54
4.2 Tendencias observadas	54
4.3 Interpretación de resultados	57
4.3.1 Disponibilidad y Calidad de los Datos como Sustrato Tecnológico	58
4.3.2 Articulación y Colaboración Institucional como Marco Operativo	59
4.4 Caso de los Sistemas de Alerta - AMBER	60
4.4.2 Obstáculos Relacionados con la Calidad, Exactitud y Disponibilidad de Datos	61
4.4.3 Limitaciones de las Tecnologías de Percepción Remota y Geofísica	62
4.4.4 Obstáculos Institucionales, de Recursos y de Coordinación.....	63
4.4.5 Desafíos en el Análisis de Datos Avanzado - IA/ML y Registros.....	64

4.5 Arquitectura Técnica de la Georreferenciación	64
4.5.1 Triangulación de Telefonía Móvil (GSM/LTE) y Rastreo Pasivo	65
4.5.2 Sistemas Aéreos y Acuáticos No Tripulados (Drones)	66
4.5.3 Plataformas SIG y Modelado Predictivo de Desplazamiento	68
CONCLUSIONES.....	69
CONSIDERACIONES.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

RESUMEN

Hablar de las personas desaparecidas es adentrarse en uno de los rostros más dolorosos y persistentes de la historia latinoamericana. Cada desaparición representa no solo la ausencia de un individuo, sino también la ruptura de una familia, de una comunidad y de una memoria colectiva. En Panamá, así como en otros países de la región, este fenómeno se ha manifestado en distintos momentos históricos, desde los años de dictadura hasta las actuales crisis migratorias y de violencia transnacional, dejando una huella profunda que exige ser comprendida y abordada desde nuevas perspectivas.

Las herramientas geoespaciales, la teledetección satelital, los drones y la inteligencia artificial representan hoy un horizonte de posibilidades que trasciende los métodos tradicionales, ofreciendo alternativas más precisas, seguras y humanas. El estudio propone un análisis multidimensional donde convergen la geografía, la ciencia de datos, la criminología y los derechos humanos. Se busca demostrar que la tecnología, cuando se orienta con ética y sensibilidad social, puede convertirse en un instrumento poderoso para restituir la verdad, reconstruir la memoria y brindar justicia a quienes aún esperan respuestas. Este trabajo no pretende sustituir el valor del testimonio humano ni el esfuerzo de las comunidades que sostienen la búsqueda día a día. Más bien, aspira a tender puentes entre el conocimiento científico y la acción social, integrando innovación y humanidad en un mismo propósito: que ninguna persona desaparecida quede sin ser buscada, y que cada dato, cada coordenada y cada avance tecnológico nos acerquen un poco más a la verdad.

ABSTRACT

To speak of disappeared persons is to delve into one of the most painful and persistent aspects of Latin American history. Each disappearance represents not only the absence of an individual, but also the rupture of a family, a community, and a collective memory. In Panama, as in other countries of the region, this phenomenon has manifested itself at different historical moments, from the years of dictatorship to the current migration crises and transnational violence, leaving a deep scar that demands to be understood and addressed from new perspectives.

Geospatial tools, satellite remote sensing, drones, and artificial intelligence now represent a horizon of possibilities that transcends traditional methods, offering more precise, safe, and humane alternatives. This study proposes a multidimensional analysis where geography, data science, criminology, and human rights converge. It seeks to demonstrate that technology, when guided by ethics and social sensitivity, can become a powerful instrument for restoring the truth, building memory, and providing justice to those who still await answers.

This work does not seek to replace the value of human testimony or the efforts of the communities that sustain the search day after day. Rather, it aims to bridge the gap between scientific knowledge and social action, integrating innovation and humanity into a single purpose: that no missing person goes unsearched, and that every piece of information, every coordinated effort, and every technological advance bring us a little closer to the truth.

INTRODUCCIÓN

El aumento de casos de desapariciones en Panamá y la región obedece a diversos factores, tanto históricos como a crisis contemporáneas impulsadas principalmente por la migración masiva y la violencia asociada al crimen organizado y conflictos internos. En Panamá, la crisis de personas desaparecidas está profundamente vinculada al flujo migratorio a través del Tapón del Darién, una selva densa y peligrosa en la frontera con Colombia, considerada una de las rutas migratorias más peligrosas del mundo. El número de personas que cruzan el Darién ha experimentado un incremento exponencial, alcanzando un récord histórico de 520,085 personas en 2023, más del doble que en 2022. Esta travesía expone a los migrantes a múltiples amenazas, incluyendo muerte, accidentes, terreno peligroso, ataques de animales, crimen, violencia sexual y separación familiar, lo que lleva a un número creciente de personas a desaparecer.

Solo en los primeros seis meses de 2023, más de 60 migrantes fallecieron en el intento. Además, el número de niños que transitaron por el Darién se triplicó en 2023, 113,180 niños, en comparación con 2022. A nivel nacional, Panamá ha implementado el sistema de Alerta Amber, Ley 230 de 2021, para la búsqueda de menores de 18 años desaparecidos, reportándose más alertas en áreas como Bocas del Toro, Chiriquí y la comarca Ngäbe Buglé. Entre febrero y octubre de 2024, el Ministerio Público activó 30 Alertas Amber, de las cuales el 74% de los menores localizados fueron mujeres de entre 14 y 16 años. También, el Estado panameño continúa realizando esfuerzos para investigar y buscar personas desaparecidas durante la dictadura militar, 1968-1989, como el caso del padre Héctor Gallego, ya que el delito de desaparición forzada se considera imprescriptible y continuado o permanente mientras no se establezca el destino o paradero de la víctima, según el Código Penal.

A nivel regional, el aumento de casos se debe principalmente a crisis de violencia interna y a la vulnerabilidad de las rutas migratorias. La historia reciente de México está marcada por un conflicto armado interno que comenzó en diciembre de 2006 con la declaración de una guerra contra el narcotráfico, lo que resultó en un aumento considerable de homicidios y personas desaparecidas que continúa hasta la actualidad. La violencia estructural en México ha llevado al descubrimiento de innumerables fosas y entierros clandestinos utilizados por diversos actores, grupos criminales, fuerzas armadas, agentes gubernamentales, para ocultar la evidencia de graves violaciones de derechos humanos, incluyendo la desaparición forzada y los feminicidios. Es notable que las adolescentes y jóvenes de 19 a 24 años concentran la mayoría de los casos de mujeres desaparecidas.

En Colombia, durante más de 50 años de conflicto armado, 120,000 personas fueron dadas por desaparecidas por fuerzas estatales, grupos paramilitares y crimen organizado, y a pesar del Acuerdo de Paz de 2016, las desapariciones persisten. La región centroamericana, aparte del Darién, forma parte del corredor migratorio hacia Estados Unidos, México-EE. UU. Corredor, dónde el aumento de las desapariciones se debe a la extrema vulnerabilidad impuesta a los migrantes, quienes están expuestos a amenazas, crímenes y violencia, especialmente por la presencia de organizaciones criminales. Finalmente, existen precedentes históricos de desapariciones forzadas en América Latina, documentadas inicialmente en Guatemala a finales de la década de 1960. Las dictaduras militares en Chile y Argentina fueron cruciales, ya que desarrollaron la desaparición forzada como una práctica sistemática en la región; por ejemplo, en Argentina, al menos 30,000 personas fueron asesinadas y desaparecidas durante la "Guerra Sucia", 1976-1983.

El periodo comprendido entre 2020 y 2025 ha sido notable en la literatura académica y la práctica forense de América Latina, evidenciando avances significativos en la aplicación de tecnologías de georreferenciación, Ciencia de la Información Geoespacial, GISc, e Inteligencia Artificial, IA, para la localización de personas desaparecidas y la comprensión de los conflictos territoriales subyacentes. Estos avances se centran en la mejora de las metodologías de búsqueda, la modelación predictiva y la integración de datos geoespaciales y comunitarios.

La literatura reciente ha consolidado el uso de herramientas geoespaciales para la búsqueda de restos humanos. Estudios publicados incluso en 2024 han logrado avances significativos en el uso de la fotogrametría para la búsqueda de fosas clandestinas, un avance impulsado por el acceso comercial de bajo costo a drones o vehículos aéreos no tripulados, UAVs. En Colombia, se ha reconocido la importancia del uso de sensores remotos, como las imágenes multiespectrales y modelos digitales de terreno obtenidos mediante drones, por ser métodos prometedores para identificar perturbaciones sutiles en la superficie del suelo relacionadas con enterramientos clandestinos.

Metodológicamente, se ha introducido el Modelado Predictivo Novedoso mediante el uso de algoritmos de máxima entropía, usados típicamente en biología, para predecir áreas de concentración de enterramientos clandestinos en Colombia. Este uso para predecir eventos asociados al comportamiento humano, basándose en la ubicación georreferenciada de hallazgos previos y variables ambientales, constituye una innovación metodológica. La GISc se considera vital como herramienta para comprender la complejidad y los procesos a través del tiempo y el espacio en conflictos prolongados, como los 18 años de conflicto armado en México.

La investigación académica en el periodo ha empleado técnicas geoespaciales avanzadas, SIG y teledetección, para analizar el impacto humano y los conflictos en el territorio colombiano,

especialmente tras el Acuerdo de Paz de 2016, periodo de posconflicto, 2016-2023, Se ha realizado Modelado Prospectivo, 2022–2030, analizando cambios en el Índice de Huella Espacial Humana, IHEH, en el departamento de Guaviare y construyendo un modelo prospectivo tendencial hasta 2030 cuya validación mostró una alta concordancia, índice Kappa de 0.92 y Kappa de Localización de 0.93, demostrando la solidez de su poder prospectivo. Se ha llevado a cabo Análisis Multitemporal del Posconflicto, 2016–2023, utilizando imágenes satelitales, Landsat 5, 7, 8 y 9, y fotografías aéreas para estudiar los patrones de deforestación y recuperación de bosques en el oriente antioqueño.

CAPÍTULO 1
ASPECTOS GENERALES

1.1 Relevancia del Tema

El fenómeno de las desapariciones en Panamá y en la región latinoamericana está marcado por una combinación de factores históricos y crisis contemporáneas, donde la migración y la violencia ejercen un papel central. En el caso panameño, el Tapón del Darién se ha convertido en un espacio crítico: una ruta migratoria extremadamente peligrosa que alcanzó cifras récord en 2023 con más de medio millón de personas en tránsito. Este corredor expone a migrantes a riesgos mortales, violencia sexual, crimen organizado y separación familiar, lo que explica la alta incidencia de muertes y desapariciones. Los menores de edad se ven especialmente afectados, registrándose un aumento dramático de niños en la ruta. Panamá ha implementado mecanismos de respuesta como la Alerta Amber, aunque persisten limitaciones frente al creciente flujo migratorio y los retos internos. Además, el Estado mantiene abiertas investigaciones sobre desapariciones ocurridas durante la dictadura militar, que por su naturaleza forzada se consideran delitos imprescriptibles.

A nivel regional, las desapariciones se encuentran vinculadas a la violencia estructural, los conflictos armados y las dinámicas del crimen organizado. En México, la llamada guerra contra el narcotráfico iniciada en 2006 dio paso a una escalada de homicidios, desapariciones forzadas, fosas clandestinas y feminicidios, con un impacto particular en mujeres jóvenes. En Colombia, más de 120,000 personas desaparecieron en el marco de medio siglo de conflicto armado; pese al Acuerdo de Paz de 2016, las desapariciones persisten en un escenario donde confluyen grupos armados y criminales. En Centroamérica, el corredor migratorio hacia Estados Unidos es otro punto crítico, pues los migrantes son blanco de organizaciones criminales en condiciones de extrema vulnerabilidad. Estos procesos se conectan con un trasfondo histórico de desapariciones forzadas en América Latina, instauradas como práctica sistemática en las

dictaduras militares de Guatemala, Chile y Argentina, esta última con un saldo de al menos 30,000 víctimas durante la “Guerra Sucia”.

Ante esta realidad, la Ciencia de la Información Geoespacial, GISc, se ha convertido en un eje clave para modernizar los procesos de búsqueda. Su integración con sistemas de información geográfica, drones, sensores remotos, imágenes satelitales y algoritmos de Inteligencia Artificial permite transformar las búsquedas, haciéndolas más seguras, rápidas y precisas. La búsqueda de fosas clandestinas, tradicionalmente un trabajo arduo y riesgoso, se beneficia ahora de técnicas de teledetección que posibilitan explorar áreas amplias sin exponer al personal en terreno hostil. El análisis espacial, el modelamiento predictivo y la integración de datos georreferenciados con variables criminales y sociales permiten acotar áreas de interés con gran eficacia. Los modelos de prioridad, RAG, y el Modelamiento Espacial Estadístico Predictivo, MESP, han mostrado resultados notables, como la reducción del 97% del área de búsqueda en un estudio aplicado en Colombia. Estas herramientas, además de optimizar recursos, ayudan a comprender el modus operandi de los perpetradores mediante el cruce de factores geográficos y conductuales.

Las tecnologías de teledetección avanzadas han marcado un cambio de paradigma. Los drones comerciales, por su bajo costo y alta resolución, permiten identificar alteraciones sutiles en el terreno y generar modelos tridimensionales que revelan anomalías asociadas a entierros clandestinos. Las imágenes satelitales multiespectrales e hiperespectrales ofrecen la posibilidad de detectar cambios químicos en el suelo y en la vegetación vinculados con restos humanos, mientras que la tecnología LiDAR es capaz de penetrar la cobertura vegetal y detectar anomalías topográficas en ambientes selváticos. Estas innovaciones se complementan con el uso de índices

como el NAI o el NDWI, que identifican anomalías en vegetación o cuerpos de agua relacionadas con posibles sitios de entierro.

La Inteligencia Artificial también desempeña un papel crucial. Su aplicación en el análisis de imágenes, el modelado predictivo y la clasificación automática potencia la precisión de los hallazgos. Ejemplo de ello es el proyecto “Regresa” de la UNAM en México, que combina IA y antropología facial para generar proyecciones de edad realistas de menores desaparecidos, con el fin de facilitar su identificación a largo plazo. A nivel forense, algoritmos de aprendizaje automático han sido aplicados en la identificación de fosas clandestinas mediante el análisis hiperespectral, mostrando avances significativos en la automatización de procesos antes exclusivamente manuales.

El periodo entre 2020 y 2025 ha sido particularmente fértil en investigación y aplicación de estas tecnologías en América Latina. La literatura científica y la práctica forense han consolidado el uso de herramientas como la fotogrametría, los algoritmos de máxima entropía y el análisis multitemporal de imágenes satelitales para abordar problemáticas asociadas tanto a desapariciones como a conflictos territoriales. En Colombia, se han desarrollado modelos prospectivos para proyectar el impacto humano sobre el territorio hasta 2030, valiéndose de índices de huella espacial y cartografía multitemporal. Asimismo, el uso de cartografía comunitaria y sistemas participativos ha permitido integrar saberes locales al trabajo técnico, logrando incluso su reconocimiento por parte de instituciones estatales como la Agencia Nacional de Tierras.

La crisis de desapariciones en Panamá y la región está vinculada a dinámicas migratorias, violencia estructural y legados históricos de represión. Sin embargo, los avances tecnológicos en ciencias geoespaciales e inteligencia artificial ofrecen nuevas herramientas para transformar la

búsqueda e identificación de víctimas, mejorar la precisión forense y comprender los contextos sociales y criminales en los que se producen estas desapariciones. La convergencia de metodologías predictivas, teledetección avanzada e innovación tecnológica en el periodo 2020-2025 marca un punto de inflexión en la región, evidenciando que la ciencia aplicada, en articulación con saberes comunitarios y compromisos estatales, puede convertirse en un recurso fundamental para enfrentar uno de los problemas más graves y persistentes de América Latina.

1.2 Antecedentes del problema

La Ciencia de la Información Geoespacial, GISc, y las tecnologías de georreferenciación han demostrado ser herramientas esenciales para abordar la crisis de personas desaparecidas en América Latina, especialmente en el contexto de conflictos armados, crimen organizado y crisis migratorias. A pesar de los avances metodológicos, su aplicación práctica enfrenta serias limitaciones estructurales y de recursos.

México, inmerso en un conflicto armado interno desde 2006, considera la GISc vital para comprender la complejidad del problema. La literatura académica ha empleado el modelado predictivo para determinar la distribución potencial de fosas clandestinas; un hallazgo clave es que la variable más crítica para detectarlas es el tiempo de viaje desde las calles urbanas, con la mayoría de las fosas a menos de una hora de distancia en automóvil de las zonas urbanas. En operativos recientes, las autoridades han utilizado tecnologías como drones y georradars para el hallazgo de fosas. Un hito en la identificación es el proyecto "Regresa" de la UNAM, fortalecido en 2022 con Huawei, que usa la Inteligencia Artificial, y la antropología facial para generar la progresión de edad de menores desaparecidos, con un sistema entrenado específicamente para las características físicas de la población mexicana. Los planes de búsqueda en México, como el

Protocolo Homologado, establecen el uso de bases de datos centralizadas para la documentación de hallazgos.

Colombia utiliza activamente herramientas geoespaciales para el análisis contextual y la búsqueda forense, destacando la integración comunitaria. Organizaciones como EQUITAS desarrollaron "Un radar para encontrarlos", una herramienta basada en Modelamiento Espacial Estadístico Predictivo, que utiliza el algoritmo de máxima entropía para la búsqueda de desaparecidos, partiendo de la premisa de que la selección de sitios de entierro responde a las lógicas de ocupación de los grupos armados. La integración de información contextual es clave, con bases de datos SIG que centralizan y triangulan datos de desaparecidos, ubicaciones de grupos armados, y características de exhumación. EQUITAS también implementa talleres de cartografía participativa y "recorridos cartográficos" in situ para verificar y georreferenciar la información testimonial con dispositivos GNSS/GPS y fotogrametría con drones. Para escenarios complejos, como cuerpos de agua, se explora el análisis de sensores remotos usando el Índice de Agua de Diferencia Normalizada, para identificar zonas con alta concentración sedimentaria, y el uso de drones con imágenes multiespectrales para identificar perturbaciones sutiles en el terreno.

En Guatemala, se ha utilizado el SIG para el modelado de predicción de la localización de fosas masivas, reflejando que las desapariciones forzadas en la región comenzaron a registrarse a fines de la década de 1960. Panamá se ha centrado históricamente en la identificación de víctimas de la dictadura militar, 1968-1989, con apoyo del Equipo Argentino de Antropología Forense, EAAF. El país participa en foros regionales de cooperación para el robustecimiento técnico.

Panamá enfrenta retos significativos en la gestión de datos y la coordinación para la búsqueda, tanto en casos históricos como en la emergencia migratoria actual. La Ley de Alerta

Amber, 2021, para menores de edad ha presentado "graves fallas", incluyendo demoras de hasta nueve días entre la denuncia y la activación de la alerta. Persisten desafíos en la identificación histórica de la dictadura militar debido a posibles mezclas de restos o identificaciones incorrectas. Además, existe una ausencia de una categoría legal de Desaparecido Universal, limitándose los compromisos a las víctimas de la dictadura. La magnitud de la crisis migratoria del Darién acentúa la urgencia de una respuesta coordinada, con el Comité Internacional de la Cruz Roja, CICR, liderando la coordinación humanitaria y la colecta de solicitudes de búsqueda de migrantes fallecidos. El EAAF y UNICEF brindan un apoyo externo fundamental en lo forense, la asistencia humanitaria y el apoyo técnico.

El Estado panameño ha tomado medidas legales, como la ratificación de la Convención Internacional contra las Desapariciones Forzadas y la tipificación del delito como imprescriptible y continuado en el Código Penal desde 2016. La Procuraduría General de la Nación, PGN, ha reabierto la investigación por la desaparición del cura Héctor Gallego, 1971, siguiendo recomendaciones de la CIDH. El Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses, IMELCF, mantiene una base de datos de ADN, aunque su capacidad depende de la provisión de presupuesto.

Los estudios demuestran que las tecnologías geoespaciales son de valor incalculable para optimizar las búsquedas. El Modelamiento Espacial Estadístico Predictivo, MESP, ha sido fundamental: en un caso en Colombia, fue capaz de descartar el 97% del área de estudio y reducir el campo de investigación a solo el 2.8%, demostrando la solidez de la innovación metodológica. La aplicación del Índice de Agua de Diferencia Normalizada, ha tenido éxito en la identificación de zonas de concentración sedimentaria en ríos. Los drones, con fotogrametría y la detección hiperespectral han avanzado en la identificación de anomalías en el terreno causadas

por inhumaciones, incluso demostrando que la regeneración de la vegetación sobre una fosa puede inhibirse hasta por 16 meses. Además, el uso de software libre para el procesamiento fotogramétrico ofrece potencial para aumentar la accesibilidad. En la identificación, la IA del proyecto "Regresa" ofrece una progresión de edad ajustada a la población mexicana. Finalmente, el uso de Sistemas de Información Geográfica Participativa, SIGP, en Colombia ha demostrado ser clave para el fortalecimiento de la gobernanza al validar saberes locales y lograr la incorporación de cartografía comunitaria por parte de la Agencia Nacional de Tierras.

A pesar de estos avances, la implementación se ve gravemente comprometida por déficits de recursos, infraestructura y personal especializado. Existe una falta de presupuesto y celeridad en las exhumaciones y una insuficiencia de personal forense capacitado en México y Perú. Los costos tecnológicos y la falta de homologación en los registros nacionales, como la ausencia de un registro nacional de fosas en México, obstaculizan la comprensión del problema. Además, la GISc presenta limitaciones técnicas y contextuales: existe el riesgo de mal uso sin una comprensión clara de sus limitaciones, la transferibilidad ambiental de las técnicas es baja, y los resultados requieren un largo periodo de monitoreo y adaptación al cambio regional y temporalidad.

1.3 Justificación

La investigación en este campo es crucial para establecer bases teóricas y metodológicas, transformando el proceso de búsqueda de una práctica reactiva a un esfuerzo sistemático, científico e interdisciplinario. Esta contribución se enfoca en la fundamentación y sistematización de la ciencia, con la literatura académica revisando la contribución de la Ciencia de la Información Geoespacial, GISc, a los esfuerzos de búsqueda en diversos contextos. La GISc, definida como el campo de investigación básica que busca redefinir conceptos geográficos

y su uso en los Sistemas de Información Geográfica, SIG, se considera vital para comprender la complejidad y los procesos a través del tiempo y el espacio en conflictos prolongados, como los 18 años de conflicto armado en México. Esto permite lograr una mejor comprensión del fenómeno de la desaparición y facilitar la comparación y el análisis de sitios específicos para enfocar el trabajo forense.

La investigación también impulsa la innovación metodológica y el enriquecimiento disciplinario. Los trabajos contribuyen a establecer metodologías y enriquecer los aportes de diferentes disciplinas, promoviendo la integración interdisciplinaria de ciencias forenses con la teledetección, la psicología, la antropología, la sociología y el análisis espacial. Un ejemplo de innovación es el Modelamiento Espacial Estadístico Predictivo, MESP, desarrollado por EQUITAS en Colombia, que utiliza un algoritmo de máxima entropía, tradicionalmente usado en biología, para predecir eventos asociados al comportamiento humano, como la localización de entierros clandestinos. Finalmente, existen proyectos de IA en antropología forense, como el Proyecto Regresa en México, que demuestran un avance académico al conjuntar las herramientas de la Inteligencia Artificial con la Antropología Física y Social. Este proyecto tiene el objetivo de generar un algoritmo capaz de realizar la progresión de edad de una persona desaparecida basándose en criterios científicos ajustados a las características de la población mexicana.

La investigación socio-legal y geoespacial proporciona evidencia y herramientas esenciales para la formulación, implementación y evaluación de políticas públicas orientadas a la búsqueda, la justicia y la reparación de las víctimas. Este aporte se manifiesta en el fortalecimiento de la implementación normativa, ya que la investigación socio-legal revela que, si bien los marcos normativos nacionales de búsqueda, en Colombia, Chile, México y Perú, son

detallados, su implementación efectiva es problemática, sentando las bases para futuras investigaciones y el desarrollo de estrategias interdisciplinarias para mejorar la eficiencia.

Otro punto clave es el protagonismo y reparación de las víctimas, fomentando un enfoque participativo al integrar los conocimientos técnico-científicos con los saberes comunitarios.

Herramientas como el MESP y “Un radar para encontrarlos” en Colombia destacan la importancia de la participación de los familiares de las víctimas en la construcción de los mapas y la información antemortem. Al generar escenarios para que la búsqueda se realice de manera colectiva, los ejercicios geográficos contribuyen a un proceso participativo y restaurador.

Además, se destaca la incidencia en la gestión estatal, como se demostró en Colombia, donde la aplicación de la metodología de geografías híbridas y la cartografía participativa permitió que el mapa elaborado por el campesinado fuera incorporado por la Agencia Nacional de Tierras, ANT, como fuente de comparación, validando el trabajo colaborativo de las comunidades locales. El análisis de estrategias estatales a través de la geografía crítica subraya, además, la necesidad de políticas integrales que reconozcan los derechos humanos.

La investigación garantiza que las metodologías implementadas sean rigurosas, probadas y, cuando sea posible, más accesibles para su adopción generalizada en la región. Se logra la validación y adopción de tecnologías de delimitación, donde el Modelamiento Espacial Estadístico Predictivo, MESP, demuestra su capacidad para identificar patrones de localización de sitios de entierro en situaciones de información testimonial escasa, permitiendo la delimitación y reducción de áreas de búsqueda al establecer zonas con alta probabilidad de hallazgos. Los estudios también promueven el uso de la teledetección y las imágenes multiespectrales obtenidas mediante drones, UAVs, como métodos prometedores para identificar perturbaciones sutiles en la superficie del suelo.

En cuanto a la mejora de la accesibilidad y reducción de costos, la investigación ha presentado una metodología para realizar el procesamiento de productos fotogramétricos con software libre, lo que se concluye tiene un gran potencial para hacer la detección de fosas clandestinas más accesible, superando el obstáculo de los altos costos de hardware y software comercial. La investigación también se dirige al desafío en escenarios complejos donde las metodologías convencionales son insuficientes, como los ambientes acuáticos como ríos, donde se exploran métodos de sensores remotos para la localización de cuerpos. Finalmente, se destaca el uso de datos geoespaciales para la sistematización, enfatizando la necesidad de aprovechar conjuntos de datos espaciales organizados de exhumaciones y prospecciones para respaldar el modelamiento espacial predictivo y el aprendizaje automático, lo cual es crucial para la obtención y procesamiento de información de calidad.

1.4 Planteamiento del problema

¿Cuál es la eficacia de las herramientas de georreferenciación en la búsqueda de personas desaparecidas en la provincia de Chiriquí, considerando las experiencias regionales documentadas y su aplicación durante el periodo 2022-2025?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Analizar la eficacia de las herramientas de georreferenciación en la búsqueda de personas desaparecidas en la provincia de Chiriquí durante el periodo 2022-2025, a partir de la evidencia empírica local y regional.

1.5.2 Objetivos Específicos

Revisar estudios académicos y técnicos en español sobre el uso de herramientas de georreferenciación en la búsqueda de personas desaparecidas en Latinoamérica.

Identificar las metodologías, ventajas y limitaciones de estas herramientas a partir de casos documentados en contextos similares a la provincia de Chiriquí.

Evaluar la aplicación y los resultados obtenidos con estas herramientas en los procesos de búsqueda de personas desaparecidas en Chiriquí durante el periodo 2022-2025.

1.6 Hipótesis de trabajo

H0: Las herramientas de georreferenciación no han mejorado de forma significativa la eficacia en los procesos de búsqueda de personas desaparecidas en la provincia de Chiriquí durante el periodo 2022-2025, dadas las condiciones institucionales y ambientales de la región.

H1: La aplicación de herramientas de georreferenciación ha mejorado de forma significativa la eficacia en los procesos de búsqueda de personas desaparecidas en la provincia de Chiriquí durante el periodo 2022-2025, al adaptarse a sus condiciones institucionales y ambientales específicas.

1.7 Delimitación

La investigación se centrará en la provincia de Chiriquí, República de Panamá, tomando como referencia principal la información disponible sobre los procesos de búsqueda de personas desaparecidas desarrollados en esta provincia. Asimismo, se incluirán estudios y experiencias

nacionales e internacionales únicamente como marco comparativo cuando contribuyan al análisis de las herramientas de georreferenciación.

El estudio comprenderá el período 2022-2025, considerando investigaciones, informes técnicos, publicaciones científicas y documentación relacionada con las tecnologías de geolocalización aplicadas a la búsqueda de personas desaparecidas publicadas o que analicen dicho período.

1.8 Limitación

Puede existir una cantidad limitada de investigaciones específicas sobre el uso de herramientas de georreferenciación aplicadas exclusivamente a la búsqueda de personas desaparecidas en Panamá, particularmente en la provincia de Chiriquí.

Es posible que los organismos responsables de las investigaciones y operaciones de búsqueda no publiquen información detallada debido a:

- confidencialidad;
- protección de datos personales;
- investigaciones en curso;
- protocolos de seguridad.
- Escasez de estudios locales

La mayor parte de la literatura disponible puede provenir de otros países, por lo que será necesario realizar adaptaciones conceptuales al contexto panameño.

Las tecnologías de georreferenciación evolucionan rápidamente, por lo que algunas herramientas descritas en la literatura podrían haber sido actualizadas durante el desarrollo de la investigación.

1.9 Importancia

La importancia de una investigación de carácter teórico sobre la eficiencia de las herramientas de georreferenciación en la búsqueda de personas desaparecidas radica en que permite consolidar y analizar el conocimiento científico y técnico existente, identificando las tecnologías, metodologías y buenas prácticas que han demostrado ser útiles en distintos contextos. Aunque no genera evidencia empírica propia, ofrece una base conceptual sólida para comprender cómo estas herramientas pueden contribuir a optimizar los procesos de localización de personas desaparecidas y cuáles son sus principales fortalezas y limitaciones.

Esta investigación adquiere relevancia porque sistematiza información dispersa proveniente de artículos científicos, informes técnicos y documentos institucionales, facilitando el acceso a conocimiento actualizado para investigadores, estudiantes, instituciones de seguridad pública y organismos encargados de la gestión de emergencias.

Desde el punto de vista social, el estudio contribuye indirectamente al fortalecimiento de las capacidades institucionales al ofrecer un análisis comparativo de herramientas de georreferenciación que podrían mejorar la planificación, coordinación y eficiencia de las operaciones de búsqueda. La recopilación de experiencias nacionales e internacionales permite identificar prácticas exitosas que, previa evaluación de su viabilidad, podrían adaptarse al contexto de la provincia de Chiriquí y de Panamá en general.

En el ámbito académico, la investigación amplía el conocimiento interdisciplinario al integrar conceptos de geografía, sistemas de información geográfica (SIG), gestión del riesgo, tecnologías de geolocalización y seguridad pública. De esta manera, fomenta nuevas líneas de investigación relacionadas con la aplicación de tecnologías espaciales en la resolución de problemáticas sociales y de protección civil.

1.10 Aportes de la investigación

Los principales aportes que puede ofrecer este estudio son los siguientes:

Organiza y sintetiza el conocimiento existente sobre herramientas de georreferenciación aplicadas a la búsqueda de personas desaparecidas, identificando tendencias, metodologías y vacíos en la literatura.

Proporciona una revisión estructurada de los métodos utilizados para evaluar la eficiencia de tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el GPS, los drones, las imágenes satelitales y otras herramientas de análisis espacial, lo que puede servir de referencia para futuras investigaciones.

Ofrece información que puede apoyar a instituciones responsables de la búsqueda de personas desaparecidas en la selección y comprensión de herramientas tecnológicas disponibles, sin sustituir los procedimientos operativos ni proponer su implementación directa.

Constituye un documento de consulta para estudiantes, docentes e investigadores interesados en geotecnologías, seguridad pública, gestión de emergencias y análisis espacial.

Contribuye a difundir el potencial de las tecnologías de georreferenciación como herramientas de apoyo para la planificación y coordinación de procesos de búsqueda, favoreciendo una mayor comprensión de su utilidad y de los retos asociados a su aplicación.

Identifica vacíos de conocimiento y áreas poco exploradas en el contexto panameño, lo que puede orientar estudios posteriores de carácter aplicado, evaluaciones de campo o propuestas de mejora en los protocolos de búsqueda.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Herramientas de Georreferenciación Aplicadas a la Búsqueda de Personas

Desaparecidas

La desaparición de personas, ya sea en un contexto de criminalidad, violencia estructural, desastres naturales o emergencias accidentales, constituye uno de los desafíos operativos, jurídicos y humanitarios más complejos que enfrentan los Estados contemporáneos.

Históricamente, los protocolos de búsqueda y rescate han dependido de metodologías reactivas, sustentadas fundamentalmente en el testimonio humano, la inspección ocular directa y el rastreo físico empírico. Sin embargo, la irrupción de las tecnologías de la información y la consolidación de la infraestructura digital global han propiciado un cambio de paradigma insoslayable. En la actualidad, la integración de herramientas de georreferenciación y de Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha transmutado la búsqueda de personas de un esfuerzo predominantemente analógico a una disciplina fundamentada en la inteligencia de datos, el análisis espacial predictivo y la cartografía digital avanzada.

Este marco temporal resulta de particular relevancia, dado que coincide con la implementación y maduración de plataformas tecnológicas estatales como la Alerta Amber, la modernización de los sistemas del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) mediante el despliegue de vehículos no tripulados, y la sofisticación de la inteligencia forense digital empleada por el Ministerio Público para la resolución de casos de alto perfil criminal.

La provincia de Chiriquí opera como un microcosmos geográfico e institucional idóneo para este análisis. Su topografía es excepcionalmente heterogénea, abarcando desde extensas llanuras costeras en el Pacífico (como los litorales de Barú y San Lorenzo) hasta relieves montañosos de extrema complejidad en la cordillera de Talamanca (Tierras Altas, Boquete), sin soslayar las vastas extensiones rurales colindantes con la Comarca Ngäbe-Buglé. Esta diversidad

orográfica determina que las autoridades deban enfrentar dos tipologías operativas diametralmente opuestas: la desaparición de naturaleza criminal (secuestros, trata de personas, femicidios) que requiere un rastreo sigiloso de huellas digitales y electromagnéticas; y la desaparición por emergencias ambientales (extravíos de senderistas, inmersiones por cabezas de agua en ríos caudalosos), la cual exige una respuesta cinemática rápida capaz de superar barreras físicas insalvables para el ser humano.

Para abordar holísticamente la eficacia de estas intervenciones a nivel provincial, este documento se estructura en función de tres objetivos fundamentales. En primer lugar, se efectúa una revisión crítica de los estudios académicos y técnicos desarrollados en América Latina, una región que, producto de sus históricas crisis de derechos humanos, ha sido pionera en la estandarización de herramientas geoespaciales aplicadas a la antropología forense. En segundo término, se diseccionan las metodologías subyacentes a la georreferenciación, tales como la triangulación de telefonía móvil, la planimetría predictiva y la teledetección mediante drones, identificando sus ventajas inherentes y sus limitaciones estructurales. Finalmente, se evalúa la aplicación práctica de estas tecnologías en Chiriquí, midiendo los resultados obtenidos en casos documentados entre 2022 y 2025, para determinar si la integración tecnológica ha logrado mitigar los tiempos de respuesta y elevar las tasas de localización y judicialización.

Cartografía de la Desaparición y Sistemas de Información Geográfica Latinoamericana

La experiencia regional latinoamericana proporciona el marco teórico y metodológico necesario para comprender la evolución de la georreferenciación. En países atravesados por conflictos armados prolongados, dinámicas de macro-criminalidad y crisis migratorias, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han dejado de ser meras herramientas de representación visual para erigirse como infraestructuras probatorias y de reparación psicosocial.

Las instituciones y organizaciones no gubernamentales (ONG) han desarrollado manuales técnicos que hoy sirven como referentes insustituibles.

2.1. Colombia: Institucionalización Forense y Geografía Psicosocial

En la República de Colombia, la georreferenciación ha sido asimilada dentro del aparato estatal como un mecanismo indispensable para la justicia transicional y la reparación a las víctimas. Desde la promulgación de la Ley del 20 de octubre de 2010, que establece medidas para la localización e identificación de víctimas de desaparición forzada, la Fiscalía General de la Nación (FGN) mantiene la obligación legal e indelegable de elaborar mapas cartográficos que indiquen la presunta ubicación de cuerpos o restos humanos, operando en estricta coordinación con el Plan Nacional de Búsqueda. Esta voluntad de mapeo ha cristalizado en la creación del Sistema Integrado de Información de Personas Desaparecidas y Cadáveres (SIRDEC), el cual centraliza el cruce de datos forenses y espaciales. La Unidad de Búsqueda de Personas dadas por Desaparecidas (UBPD) emplea estos cruces geográficos para intervenir zonas históricamente inaccesibles. La evidencia colombiana demuestra que la tecnología carece de valor si no se nutre de la memoria territorial; frecuentemente, las coordenadas iniciales provienen de información aportada por autoridades locales o comunidades rurales que reportan anomalías topográficas o la presencia de estructuras óseas a la vera de caminos veredales, como se ha documentado en regiones de Nariño y Boyacá. A pesar de este andamiaje, organismos internacionales como el Comité contra las Desapariciones Forzadas de la ONU (CED) han advertido sobre las profundas demoras prácticas en la identificación genética post-exhumación, evidenciando que la velocidad de la georreferenciación a menudo supera la capacidad logística del Estado para procesar los hallazgos. Paralelamente, los estudios académicos colombianos han explorado las ramificaciones psicosociales de la georreferenciación. La búsqueda no es únicamente una labor técnica; es un ejercicio de

reclamación territorial. Investigaciones cualitativas desarrolladas con colectivos de mujeres buscadoras en Buenaventura ilustran cómo la desaparición inscribe el dolor directamente en la corporeidad de los familiares. A través de metodologías como las "corporgrafías textiles", estas comunidades mapean física y emocionalmente los territorios de la pérdida. En este contexto, la georreferenciación participativa permite a las mujeres transformar la relación de "ausencia-vacío-presencia" y canalizar la rabia como una fuerza transformadora, configurando espacios de memoria viva que desafían las narrativas hegemónicas y la violencia estructural.

2.2 Definición Y Fundamentos De La Georreferenciación

La georreferenciación de estos datos permite el análisis espacial y contextual, que es la base de cualquier estudio generado desde la perspectiva de la GISc. Las variables relevantes para el análisis espacial se clasifican generalmente en tres grandes grupos: Socio-criminales, homicidios, modus operandi, migración, Entorno Construido, autopistas, puertos, fronteras, y Físicas, pendiente, altitud, vegetación, hidrografía, Este análisis preliminar desde el "gabinete", análisis de oficina, junto con la teledetección y el procesamiento de imágenes, contribuye a la realización de búsquedas más eficientes, lo cual es indispensable dado lo arduo del trabajo de campo.

La georreferenciación es una herramienta multifuncional para el modelado predictivo, permitiendo el análisis espacial sistemático y la creación de mapas de predicción de sitios que sirven como guías para enfocar los esfuerzos de búsqueda y recuperación. Un ejemplo es el sistema RAG, Rojo, Ámbar Y Verde, que codifica áreas según factores de idoneidad acumulada para albergar un entierro, mostrando prioridades de búsqueda. En la teledetección avanzada, la

georreferenciación es esencial para técnicas como las imágenes hiperespectrales, las cuales proporcionan información no solo espacial, sino también espectral, composición química de la superficie, permitiendo la detección de sutiles cambios en el terreno.

2.3 Tecnologías Más Empleadas

La búsqueda de personas desaparecidas ha experimentado una revolución gracias a la incorporación de diversas tecnologías avanzadas. Estas herramientas, que abarcan desde la inteligencia artificial hasta el análisis forense, se han vuelto indispensables para acelerar la localización y brindar respuestas a las familias.

2.3.1 SIG & análisis espacial tradicional, QGIS/PostGIS

Los Sistemas de Información Geográfica apoyados en plataformas como QGIS o bases espaciales como PostGIS, han sido herramientas esenciales en la gestión de desapariciones al permitir mapear, analizar y centralizar información geográfica. Se trata de sistemas que integran datos espaciales y descriptivos en un solo entorno, lo que facilita la visualización de patrones y la formulación de hipótesis de búsqueda. Desde 2015 en adelante, los SIG han sido utilizados en Colombia y México para delimitar zonas prioritarias en la búsqueda de fosas clandestinas, integrando variables como accesibilidad, topografía, rutas de movilidad y registros de hallazgos previos. Por ejemplo, en investigaciones forenses en el posconflicto colombiano tras el Acuerdo de Paz de 2016, QGIS y PostGIS fueron aplicados en el Modelado Espacial Estadístico Predictivo, que logró descartar hasta un 97% del área de estudio, optimizando recursos y enfocando los esfuerzos en los lugares más prometedores.

2.3.2 Teledetección satelital, NDVI, multispectral + UAVs

La teledetección satelital y el uso de drones, UAVs, con sensores multispectrales han revolucionado las búsquedas en terrenos complejos e inaccesibles. Esta tecnología consiste en la captura remota de información de la superficie terrestre en diferentes longitudes de onda, como el NDVI, que mide la salud de la vegetación y puede detectar alteraciones generadas por fosas clandestinas. En México, entre 2018 y 2023, colectivos de búsqueda utilizaron drones para documentar áreas sospechosas en Sinaloa y Veracruz, detectando patrones de vegetación alterada que después fueron confirmados con hallazgos de restos. La flexibilidad de los UAVs ha permitido crear modelos 3D del terreno mediante fotogrametría y documentar con precisión escenas forenses. Del mismo modo, en Colombia, el uso de imágenes satelitales Landsat y Sentinel fue crucial para estudios multitemporales en Antioquia que relacionaron deforestación y posibles enterramientos ligados al conflicto armado.

2.3.3 Geofísica en tierra, GPR y resistividad, como complemento

Una vez delimitadas las áreas de mayor probabilidad, entran en juego las técnicas geofísicas terrestres, como el Georradar y la resistividad eléctrica. Estas tecnologías no invasivas permiten observar anomalías en el subsuelo sin necesidad de excavar de inmediato. El GPR, al emitir ondas electromagnéticas que reflejan estructuras subterráneas, ha sido usado en México en casos como la búsqueda en el municipio de Tetelcingo, Morelos, donde colectivos y autoridades en 2016 encontraron fosas irregulares. De forma similar, en Argentina y Chile, estas técnicas se han empleado desde 2015 para localizar restos de víctimas de las dictaduras militares, ofreciendo

confirmación previa antes de realizar excavaciones extensas. Su aplicación ha reducido costos y riesgos, incrementando la precisión en las búsquedas.

En conjunto, estas herramientas representan la convergencia entre tecnología, investigación forense y participación social en la lucha contra las desapariciones en América Latina. Desde el uso de SIG para acotar áreas de interés hasta el empleo de IA para identificar patrones invisibles, pasando por drones, georradar, alertas ciudadanas y redes sociales, la década 2015-2025 marca un punto de inflexión. Este periodo no solo consolidó metodologías probadas, sino que también mostró la pertinencia social y científica de la integración tecnológica para enfrentar una de las crisis humanitarias más graves de la región.

También se tocan herramientas como:

- Sistemas de Información Geográfica: ArcGIS, QGIS y plataformas en la nube, Google Earth Engine, que permiten manejar capas de información espacial.
- Imágenes satelitales: empleo de Sentinel-2, Landsat 8/9 y constelaciones privadas para identificar patrones de uso del suelo, caminos o zonas de tránsito.
- Drones: despliegue en áreas de difícil acceso, con cámaras multispectrales para identificar anomalías en terreno.
- GPS y geolocalización móvil: seguimiento de coordenadas en tiempo real, útil en los primeros momentos de una desaparición.

2.4 Experiencias latinoamericanas

En México, los colectivos de búsqueda han incorporado drones y SIG comunitarios para mapear fosas clandestinas. En Colombia, la Unidad de Búsqueda de Personas Dadas por Desaparecidas emplea análisis espacial en la identificación de posibles sitios de inhumación.

En Panamá, aunque los casos son menos documentados, la Policía Nacional y el Ministerio Público han incorporado geolocalización en investigaciones recientes, aunque con limitaciones tecnológicas y presupuestarias.

2.5 Eficacia y limitaciones

La eficacia de la aplicación de tecnologías de la información geoespacial, para la búsqueda de personas desaparecidas y la localización de fosas clandestinas está intrínsecamente condicionada por la confluencia de tres factores críticos. Estudios regionales e informes de organismos internacionales en América Latina, como el Comité contra la Desaparición Forzada, CED, y el Grupo de Trabajo sobre Desapariciones Forzadas o Involuntarias, referenciado como WGEID, validan que, más allá del avance tecnológico per se, estos elementos son los principales determinantes del éxito o fracaso de los planes nacionales de búsqueda. A continuación, se analiza la fundamentación de cada factor.

2.5.1 La Calidad y Disponibilidad de los Datos

Las tecnologías geoespaciales tienen como insumo primordial la capacidad de georreferenciar y triangular información de múltiples fuentes; por tanto, la calidad, completitud y

precisión de dichos datos son determinantes para la efectividad de los análisis espaciales y los modelos predictivos.

El éxito de un modelo predictivo depende de la disponibilidad de información contextual geolocalizada y de un volumen significativo de datos de campo, incluyendo tanto hallazgos positivos, exhumaciones, como prospecciones negativas, ya que estas últimas también informan al modelo. La precisión de las coordenadas geográficas es un requisito indispensable, y toda la información recopilada debe ser sometida a un riguroso proceso de verificación de su referente geográfico, cotejo entre fuentes y categorización estandarizada.

Para un análisis espacial robusto, es crucial integrar datos geolocalizados de naturaleza diversa. Estos se clasifican en variables socio-criminales, incidencia de homicidios, reportes de desaparición, del entorno construido, infraestructura vial, puertos, asentamientos, y variables físico-geográficas, topografía, tipos de vegetación, hidrografía.

Un desafío sistémico recurrente, documentado en casos como el de México, es la limitación de la información proporcionada por los órganos gubernamentales. La falta de homologación en los registros de las fiscalías y la dependencia de la voluntad política para sistematizar hallazgos generan subregistros, vacíos de información e inconsistencias que obstaculizan la comprensión integral del fenómeno a escala local y nacional.

2.5.2 Capacidad Institucional y Capital Humano Especializado

La posesión de tecnología avanzada resulta estéril en ausencia de capital humano con la especialización necesaria para su operación, la interpretación de sus resultados y la coordinación de búsquedas bajo estándares forenses rigurosos.

Organismos como el CED y el WGEID han señalado críticamente la falta de infraestructura, especialistas y equipos multidisciplinarios completos en múltiples países de la región. En México, se ha insistido en la necesidad de ampliar las capacidades técnicas para el análisis de restos, mientras que en Chile y Perú se ha destacado la urgencia de fortalecer la formación forense especializada.

El uso de herramientas geoespaciales por personal sin una comprensión profunda de sus fundamentos y limitaciones conlleva un alto riesgo. Puede conducir a la generación de resultados erróneos, expectativas excesivamente optimistas o una interpretación descontextualizada de los datos. Es imperativo que el analista posea un conocimiento profundo no solo de la herramienta, sino también del entorno socio-geográfico del análisis.

La colaboración internacional, como la del Equipo Argentino de Antropología Forense, EAAF, en Panamá, demuestra el valor de la capacitación teórico-práctica en las disciplinas forenses y de derechos humanos como un mecanismo efectivo para construir y fortalecer las capacidades institucionales locales.

2.6 Infraestructura Tecnológica y Sostenibilidad Financiera

La adopción y sostenimiento de soluciones geoespaciales demandan una inversión continua en equipos, hardware, licencias o desarrollo de software, y una arquitectura digital robusta capaz de gestionar, almacenar y procesar grandes volúmenes de datos de forma segura.

La implementación de tecnologías de prospección no invasiva como LiDAR, Detección por Luz y Distancia, y GPR, Georradar, es fundamental para la localización precisa de sitios de

entierro previo a la excavación, optimizando recursos y minimizando la alteración del contexto forense. Sin embargo, su adopción se ve limitada por barreras de costo.

Los altos costos asociados a equipos y software propietario, particularmente en campos como la fotogrametría de alta resolución, actúan como un obstáculo significativo. Esta realidad impulsa la exploración y adopción de alternativas de software libre, Open Source, como una estrategia para mitigar las limitaciones financieras.

Un componente crítico de la infraestructura es el desarrollo de bases de datos centralizadas para información antemortem, AM, y postmortem, PM, Dichas bases deben ser diseñadas bajo estándares que garanticen la interoperabilidad con sistemas nacionales e internacionales, como los de Interpol, lo cual es esencial para el cruce masivo de datos genéticos y de otra índole. La falta de articulación tecnológica entre instituciones, como las fiscalías, fragmenta la información y debilita la efectividad de la búsqueda.

Como se ha observado en Colombia, la infraestructura tecnológica y el financiamiento también deben contemplar la seguridad física de los sitios de exhumación, especialmente en zonas de conflicto activo o postconflicto, para proteger tanto al personal forense como la integridad de la evidencia.

2.7 Conceptos Clave del Análisis de Datos Aplicados a la Búsqueda Humanitaria

El análisis de datos en la búsqueda de desaparecidos implica la aplicación de técnicas estadísticas, de minería de datos y de inteligencia artificial, IA, para detectar patrones que faciliten la localización de personas.

2.7.1 Tipos de análisis empleados

- Análisis espacial predictivo: generación de mapas de calor con base en zonas de riesgo, patrones delictivos o testimonios de testigos.
- Procesamiento de imágenes: uso de IA para filtrar y clasificar imágenes satelitales y aéreas, detectando alteraciones en el terreno.
- Big Data y minería de registros: integración de bases de datos de llamadas, movimientos financieros o tránsito vehicular.
- Algoritmos de aprendizaje automático: modelos entrenados para identificar posibles rutas de desplazamiento de personas desaparecidas.

2.7.2 Experiencias en América Latina

En México, proyectos académicos han vinculado bases de datos de desaparecidos con SIG para generar mapas de incidencia y predicción. Mientras que en países mas al centro del continente como Colombia, se han empleado algoritmos para priorizar zonas de búsqueda de fosas. En Centroamérica, ONGs y equipos de rescate utilizan plataformas como Ushahidi para recopilar y visualizar datos en tiempo real durante emergencias y desapariciones.

2.7.3 Impacto y eficacia documentada

Los informes de la OEA,2021,y del Comité Internacional de la Cruz Roja,2022,señalan que el análisis de datos reduce la dispersión de esfuerzos de búsqueda, optimiza recursos logísticos y aumenta la precisión en la delimitación de áreas prioritarias. No obstante, advierten

riesgos éticos en el manejo de datos sensibles, así como la necesidad de marcos legales claros que respalden su uso en investigaciones oficiales.

2.7.4 Herramientas Transnacionales e Integración Histórica

La eficacia de las herramientas de georreferenciación también ha sido probada en contextos de alta movilidad transfronteriza y reconstrucción histórica. Organizaciones como el Equipo Argentino de Antropología Forense (EAAF), a través de su Proyecto Frontera, aplican disciplinas científicas para mapear y localizar a migrantes desaparecidos en el corredor centroamericano y la frontera norteamericana, cruzando variables geoespaciales con identificaciones genéticas.

A un nivel de infraestructura de datos global, la Comisión Internacional sobre Personas Desaparecidas (ICMP) ha desarrollado el Integrated Data Management System (iDMS), una plataforma de bases de datos que en la actualidad resguarda la información georreferenciada, forense y biográfica de más de 100,000 personas desaparecidas y los perfiles de más de 200,000 familiares aportantes de muestras, facilitando cruces estadísticos masivos a nivel global. Incluso en el cono sur, el Plan Nacional de Búsqueda implementado por la Universidad de Chile demuestra la versatilidad reparadora de los SIG. En este contexto, se desarrollaron mapas georreferenciados para trazar las trayectorias de 1,469 víctimas de desaparición forzada durante la dictadura militar.

Este mapeo cartográfico no busca recuperar cuerpos per se, sino documentar el itinerario del terror estatal: marcando los puntos exactos de detención, las rutas de traslado y la ubicación

de los centros clandestinos de tortura y ejecución política, operando, así como un instrumento de verdad histórica incontrovertible.

CAPÍTULO 3
MARCO METODOLÓGICO.

3.1 Contexto geográfico: Centroamérica y República de Panamá

La investigación se sitúa en el contexto centroamericano, con especial atención a la República de Panamá. Panamá constituye un caso relevante por su ubicación estratégica en el istmo, la diversidad de ecosistemas, urbano, selvático, montañoso y costero, y los desafíos particulares en materia de seguridad y desapariciones. Aunque los registros de personas desaparecidas en Panamá son menores en comparación con países vecinos como México, Guatemala o Colombia, el país enfrenta limitaciones similares: insuficiencia de bases de datos integradas, dificultades en el acceso a tecnologías avanzadas de georreferenciación y carencia de protocolos unificados de análisis de datos para la búsqueda humanitaria.

3.2 Enfoque metodológico

3.2.1 Naturaleza de la investigación

La investigación es de tipo teórica-documental, fundamentada en la recopilación, sistematización y análisis de fuentes secundarias.

3.2.2 Estrategia de búsqueda y selección documental

Fuentes primarias:

Revistas científicas indexadas en Scielo, Redalyc, Dialnet, Scopus y Google Scholar en español.

Fuentes institucionales:

Informes de la OEA, ONU, CICR, UBPD, Colombia, comisiones nacionales de búsqueda en América Latina, Policía Nacional de Panamá.

3.2.3 Criterios

Inclusión

Publicaciones en español, 2020–2025, relacionadas con herramientas de georreferenciación, SIG, drones, análisis espacial, IA y minería de datos aplicados a desapariciones en Panamá o contextos similares de América Latina.

Exclusión

Literatura previa a 2020, documentos sin relación directa con búsqueda de desaparecidos o sin referencia metodológica clara.

3.2.4 Técnicas de análisis documental

Análisis comparativo: identificar similitudes y diferencias en la eficacia de las herramientas.

Análisis crítico-analítico: examinar fortalezas, limitaciones y factores contextuales de cada enfoque.

Análisis de tendencias: mapear la evolución de las metodologías y su aplicabilidad en Panamá.

3.3 Diseño de la investigación.

El diseño es no experimental, transversal y descriptivo-analítico.

No experimental: no se manipulan variables, solo se estudian hechos documentados.

Transversal: se analiza un periodo determinado

Descriptivo-analítico: se describen los hallazgos y se interpretan en función de su eficacia y aplicabilidad en Panamá.

3.4 Tipo de investigación.

Documental: basada en la revisión bibliográfica y análisis de textos.

Cualitativa y cuantitativa mixta:

Cualitativa, al interpretar narrativas de informes y estudios de caso.

Cuantitativa, al sistematizar métricas reportadas, tiempos de localización, precisión espacial, reducción de áreas de búsqueda.

3.5 Población/muestra.

Población:

Todas las publicaciones académicas e institucionales en español sobre el uso de herramientas de georreferenciación y análisis de datos en la búsqueda de personas desaparecidas en América Latina

Muestra:

Alrededor de 100 publicaciones identificadas, seleccionadas por relevancia temática y rigor metodológico.

3.6 Técnicas/instrumentos de evaluación

Matriz de análisis documental: para registrar autor, año, país, herramienta estudiada, contexto, resultados y limitaciones.

Cuadro comparativo: para evaluar la eficacia de distintas tecnologías.

Indicadores de eficacia:

Exactitud espacial, metros de error promedio. Si es que aplica

Cobertura geográfica de la herramienta.

Recursos requeridos, costo, infraestructura, capacitación.

Nivel de adopción en instituciones panameñas y regionales.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Análisis e interpretación de los resultados

El análisis documental permitió identificar alrededor de 40 publicaciones académicas e institucionales en español, publicadas entre 2020 y 2025, que abordan la eficacia de herramientas de georreferenciación y análisis de datos aplicadas a la búsqueda de personas desaparecidas. Estas publicaciones provienen principalmente de México, Colombia, Centroamérica y organismos internacionales; en Panamá, la evidencia es aún limitada, pero los hallazgos regionales son transferibles dada la similitud de contextos.

A continuación, se presenta la Matriz de Análisis Documental, estructurada con la información clave extraída de las fuentes proporcionadas sobre herramientas tecnológicas y estudios relacionados.

4.2 Tendencias observadas

Todas las investigaciones revisadas coinciden en que los SIG constituyen la herramienta base para organizar, superponer y analizar datos georreferenciados. En países con zonas de difícil acceso, México, Colombia, Guatemala, los drones con sensores térmicos y multiespectrales han sido altamente eficaces. Aunque. Las tendencias observadas en el uso de tecnologías avanzadas en Panamá para la búsqueda de personas se concentran en aplicaciones geoespaciales (UAVs, geofísica) y en la implementación de Inteligencia Artificial (IA) para la vigilancia, complementadas por el uso de redes sociales y crowdsourcing para alertas ciudadanas.

Aunque no se han identificado estudios que cuantifiquen la adopción o la precisión espacial de herramientas SIG específicas como QGIS o PostGIS en Panamá, su utilización se

infiere como un componente integral y fundamental para la operatividad de otras tecnologías. Los Sistemas de Información Geográfica son conceptualmente esenciales para la gestión de mosaicos de imágenes satelitales y de UAVs, la planificación de rutas de búsqueda y la centralización de datos georreferenciados (denuncias, coordenadas de hallazgos) en los diversos entornos del país, que incluyen zonas urbanas, selváticas, montañosas y costeras. Actúan como la plataforma de integración logística y analítica para los resultados obtenidos de las demás herramientas. Si bien existen programas de capacitación en el ecosistema SIG que abarcan estas herramientas, su implementación específica a nivel institucional en Panamá no está detallada en las fuentes consultadas.

Panamá exhibe una tendencia documentada y robusta en la adopción de Vehículos Aéreos No Tripulados (UAVs) y técnicas de teledetección, principalmente en los sectores de agricultura, infraestructura y medio ambiente. Un proyecto de referencia, financiado por la Renací y titulado "Agricultura de Precisión Mediante Tecnología LIDAR y MULTIESPECTRAL", demuestra la aplicación de estas tecnologías en regiones desde Chiriquí hasta Darién. Se destaca la creación de mapas del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en fincas de arroz en Panamá Este para evaluar la salud de los cultivos. Adicionalmente, se utilizan drones para generar modelos 2D y 3D de alta resolución (2 cm/pixel) para el mapeo de linderos, curvas de nivel y estudios de impacto ambiental, como los realizados en el Club de Golf de Panamá. A nivel regional, Panamá figura en la cronología de hitos del ecosistema de drones por el primer uso de esta tecnología para levantamientos 3D en minería (Petaquilla), y cuenta con un clúster gubernamental de promoción en la Ciudad del Saber, aunque la madurez del ecosistema de usuarios finales aún se considera en una etapa temprana.

El uso del Georradar (GPR) como técnica geofísica no invasiva está documentado en Panamá, principalmente como un complemento en estudios geotécnicos y de infraestructura. Proyectos específicos, como el "Programa Saneamiento de Panamá" en San Miguelito y la investigación geotécnica para el Cuarto Puente sobre el Canal de Panamá y la Línea 3 del Metro, confirman su aplicación. Se ha utilizado también en la investigación de sitios históricos como el Palacio Bolívar. En estos estudios se han empleado antenas de diversas frecuencias (250, 500 y 800 MHz) y se han implementado mallados sistemáticos (e.g., 6x6 m con separación de 1.5 m entre líneas), lo que permite inferir una resolución horizontal del orden de decímetros a metros, si bien no se reportan públicamente datos numéricos sobre su precisión exacta.

No se han identificado estudios o implementaciones publicadas sobre el uso de Inteligencia Artificial o Aprendizaje Automático (IA/ML) para la vinculación de datos a gran escala (record linkage o data fusion) en Panamá. No obstante, esta técnica se mantiene como una recomendación conceptual y operativa de alto valor para unificar y analizar bases de datos heterogéneas (registros policiales, hospitalarios, reportes ciudadanos) que son cruciales en la investigación de desapariciones.

Panamá ha implementado activamente la IA para reconocimiento facial en el ámbito de la seguridad y el control fronterizo. Se han mapeado tres iniciativas institucionales clave: 1) el Centro de Operaciones de Seguridad y Emergencias C2 (activo desde 2018), con tecnología biométrica provista por Huawei Technologies; 2) el Proyecto de Reconocimiento Facial Biométrico del Aeropuerto de Tocumen; y 3) el sistema del paso fronterizo de Paso Canoas. Estos dos últimos, activos desde 2019, fueron contratados a la empresa General Dynamics Mission Systems con una inversión aproximada de 4.7 millones de dólares. A pesar de la clara adopción institucional, no se han encontrado estudios públicos que documenten con datos

cuantitativos la tasa de exactitud de estos sistemas en Panamá o el error promedio en la estimación de edad.

Se observa en Panamá una práctica consolidada de difusión de información mediante estrategias de crowdsourcing para la búsqueda de personas. Las autoridades utilizan las redes sociales para emitir "avisos de colaboración", un enfoque metodológicamente similar al protocolo de Alerta AMBER, que busca una diseminación rápida y masiva de información a la ciudadanía. La eficacia de esta estrategia está respaldada por datos de 2025, donde de 623 reportes de desaparición, 563 personas fueron localizadas, sugiriendo un alto nivel de efectividad de los mecanismos de difusión y colaboración ciudadana.

El análisis de redes sociales (ARS) es reconocido en Panamá como una fuente de apoyo para las investigaciones, útil para alertar a la comunidad y recibir información que puede orientar las líneas de investigación. En entornos urbanos, el análisis de publicaciones, metadatos y timestamps puede ser instrumental para reconstruir líneas de tiempo de los últimos movimientos de una persona. Sin embargo, se señalan limitaciones importantes: el acceso a metadatos detallados a menudo requiere procesos judiciales, y la información textual georreferenciada necesita verificación. No existen datos técnicos formalmente documentados sobre la precisión promedio de los geotags provenientes de redes sociales en el contexto panameño.

4.3 Interpretación de resultados

Eficacia demostrada: las herramientas de georreferenciación y análisis de datos reducen tiempos y áreas de búsqueda entre un 30% y 50% según estudios regionales, UBPD, CICR, OEA.

La adopción y el aprovechamiento efectivo de tecnologías avanzadas ,incluyendo Inteligencia Artificial (IA), Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sistemas de alerta temprana como Alerta AMBER, no dependen únicamente de la sofisticación de la herramienta, sino de un ecosistema de soporte robusto. El éxito operativo de estas implementaciones se fundamenta en tres pilares interdependientes y cruciales: la disponibilidad de datos de alta calidad, una sólida articulación y colaboración institucional, y la existencia de programas de capacitación técnica especializada y continua.

4.3.1 Disponibilidad y Calidad de los Datos como Sustrato Tecnológico

La calidad, estandarización y accesibilidad de los datos constituyen el prerequisite fundamental para el funcionamiento de cualquier sistema tecnológico avanzado.

Para Sistemas de IA/ML

Los algoritmos de Aprendizaje Automático (ML) requieren, por diseño, grandes volúmenes de datos limpios, estructurados y correctamente etiquetados para el entrenamiento de modelos predictivos eficaces. La precisión y el recall de técnicas como la vinculación de registros (record linkage) son directamente proporcionales a la calidad del input y a la rigurosidad de la validación humana. Los desafíos para la adopción de IA en América Latina y el Caribe (ALC) lo confirman, siendo los principales obstáculos la calidad (58%), el etiquetado (58%) y la disponibilidad de datos (47%).

Para Sistemas Biométricos y Geoespaciales

La precisión de los sistemas de reconocimiento facial está supeditada al acceso a bases de datos con rostros previamente catalogados y a la calidad de las imágenes capturadas (resolución, luminosidad). De manera análoga, la fiabilidad de un análisis espacial en un SIG depende de la precisión de sus datos de entrada; por ejemplo, una alta precisión en entornos urbanos ($\pm 2\text{--}10\text{ m}$) solo es alcanzable con fuentes de coordenadas exactas como un GPS. Esto subraya la necesidad de una planificación meticulosa en la recolección de datos geoespaciales para evitar la acumulación de información irrelevante o la introducción de errores difíciles de corregir a posteriori.

Para la Integridad y Transparencia

La gestión de datos para sistemas de ML debe adherirse a principios éticos de integridad y protección de la información de los participantes. El fortalecimiento de la calidad de los datos y de los modelos es un paso indispensable para mitigar riesgos y asegurar que la IA se implemente en servicio del bien social.

4.3.2 Articulación y Colaboración Institucional como Marco Operativo

El éxito tecnológico a escala nacional depende de una colaboración intersectorial coordinada y de una gobernanza de datos bien definida.

Ecosistema Intersectorial y Gobernanza

El desarrollo y la adopción responsable de la IA requieren un ecosistema donde la industria, el gobierno, la academia y la sociedad civil colaboren activamente. Una estrategia nacional de IA debe estar alineada con una estrategia digital y de datos abiertos preexistente, donde el gobierno funge como facilitador de la infraestructura y el marco regulatorio. Ejemplos

como el Data Observatory en Chile demuestran cómo la articulación de estos actores puede generar soluciones innovadoras en ciencia de datos.

4.4 Caso de los Sistemas de Alerta - AMBER

Estos programas ejemplifican la colaboración en la práctica. Su éxito no reside en la tecnología de difusión, sino en la participación proactiva y coordinada de múltiples organismos, medios de comunicación y el público. Es crucial el establecimiento de acuerdos interinstitucionales formales (MOU - Memorandum of Understanding) que definan protocolos para el despliegue de equipos, el intercambio de datos y la emisión de alertas. El fomento de relaciones y una comunicación regular entre los socios es un componente operativo clave.

4.4.1.1 Capacitación Técnica como Catalizador de Sostenibilidad

La formación de talento especializado y la educación continua son factores determinantes para asegurar la implementación óptima y la sostenibilidad a largo plazo de las nuevas tecnologías.

Desarrollo de Competencias en IA y SIG

La falta de conocimientos en IA y ML es una barrera significativa para su implementación. Es imperativo fomentar la formación de talento local y actualizar las competencias digitales a todos los niveles, incluyendo la Competencia Digital Docente (CDD). De igual forma, para la operatividad de un nodo SIG nacional, se requiere personal técnico (1-2 técnicos como mínimo) con capacidad para diseñar e implementar bases de datos geográficas en plataformas como QGIS y PostGIS.

Capacitación Integral y Continua en Sistemas de Alerta

La eficacia de un sistema como Alerta AMBER depende de un plan de capacitación integral, operativo y continuo (con ciclos al menos anuales). Dicho plan debe definir claramente los conocimientos, habilidades y capacidades que cada socio (primeros intervinientes, investigadores, personal de mando) necesita para ejecutar su rol eficazmente. Se recomienda una metodología de formación diversificada, que incluya eventos presenciales, aprendizaje en línea y ejercicios prácticos de simulación (de mesa y de campo) para garantizar la competencia y la mejora continua del sistema en su conjunto.

Panamá puede beneficiarse especialmente de SIG de bajo costo: QGIS. OpenStreetMap, y del uso de drones en áreas selváticas y montañosas, siempre que se acompañe de políticas de protección de datos y fortalecimiento institucional. La literatura coincide en que las estrategias de búsqueda deben combinar herramientas tecnológicas con conocimiento local y participación comunitaria, lo que maximiza la efectividad y legitimidad de los procesos.

La implementación efectiva de herramientas de georreferenciación y análisis de datos, tales como Sistemas de Información Geográfica (SIG), percepción remota y modelado predictivo, en la búsqueda de personas desaparecidas en Panamá se ve mermada por una serie de obstáculos interconectados. Estas barreras abarcan desde deficiencias sistémicas en la calidad de la información geoespacial y limitaciones tecnológicas inherentes al entorno geográfico del país, hasta desafíos estructurales de índole institucional y de coordinación.

4.4.2 Obstáculos Relacionados con la Calidad, Exactitud y Disponibilidad de Datos

La base de cualquier análisis geoespacial de precisión es la calidad de sus datos de entrada. En Panamá, este fundamento presenta debilidades críticas. La cartografía nacional

completa presenta un desfase temporal significativo, con datos base que datan de 2012-2014, lo que implica una obsolescencia de casi una década en algunas áreas. A esto se suman errores cartográficos derivados del despliegue de datos capturados a escalas menores en representaciones de mayor escala, comprometiendo la precisión posicional requerida para el trabajo forense.

Se observa una duplicación de esfuerzos en la digitalización y una atomización de la información cartográfica en múltiples formatos y escalas, lo que impide el desarrollo de metodologías unificadas. Además, existe un vacío conceptual en el uso de SIG para incorporar variables de vulnerabilidad, dada la dificultad para cuantificarlas y representarlas espacial y temporalmente.

El intercambio de información geoespacial en la región se ve obstaculizado por políticas de reciprocidad y custodia complejas y un marcado recelo institucional para compartir datos. Sumado a ello, el alto costo de adquisición de geodatos y las fallas de precisión en procesos automatizados como la geocodificación de direcciones vía APIs, degradan aún más la calidad del insumo base para cualquier sistema SIG.

4.4.3 Limitaciones de las Tecnologías de Percepción Remota y Geofísica

Las características geográficas de Panamá imponen restricciones técnicas directas sobre la efectividad de herramientas de campo clave. La eficacia del GPR para la prospección del subsuelo se ve severamente limitada por las condiciones edafológicas y climáticas. Los suelos conductivos (arcillosos), la alta humedad y las zonas anegadas, comunes en ecosistemas selváticos y costeros, atenúan la señal, reduciendo drásticamente su resolución y profundidad de

penetración. La topografía montañosa, por su parte, dificulta el trazado de perfiles sistemáticos, relegando su aplicación a sitios accesibles con condiciones de suelo óptimas (secos/arenosos).

En áreas de densa cobertura boscosa, la calidad de recepción de los receptores GPS se degrada, afectando la precisión de la georreferenciación en campo. Errores de configuración en el sistema de referencia (e.g., uso de un datum local en lugar de WGS84) pueden introducir errores posicionales de decenas o cientos de metros. Asimismo, la alta nubosidad y las rápidas variaciones lumínicas en regiones tropicales aumentan la incertidumbre y el error en los datos capturados por sensores multiespectrales a bordo de UAVs.

4.4.4 Obstáculos Institucionales, de Recursos y de Coordinación

Las entidades forenses y de investigación en Panamá enfrentan barreras estructurales que limitan su capacidad de modernización y operación. El Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses (IMELCF) opera con un presupuesto de inversión insuficiente para su desarrollo institucional y tecnológico. Esto se traduce en una infraestructura deficiente en servicios periciales y laboratorios, incluyendo morgues judiciales con capacidad de almacenamiento limitada y en condiciones inadecuadas.

La combinación de una alta carga de casos y la falta de especialistas calificados en áreas clave genera una mora pericial significativa. Esta sobrecarga, junto a la burocracia administrativa y un marco legal desactualizado, retrasa la adquisición de tecnología, insumos y la mejora general de la capacidad de respuesta del sistema forense.

4.4.5 Desafíos en el Análisis de Datos Avanzado - IA/ML y Registros

La aplicación de técnicas de análisis avanzado se ve obstaculizada por problemas fundamentales en la gestión de la información y la colaboración. No existe un registro nacional consolidado y depurado de personas desaparecidas, una condición sine qua non para el entrenamiento de modelos de IA/ML. Esta brecha se extiende al ámbito científico, con una notoria falta de publicaciones con métricas cuantitativas que validen la exactitud y eficacia de estas herramientas en el contexto panameño.

La falta de una coordinación estructurada entre las instituciones involucradas a nivel local y nacional atomiza los esfuerzos y diluye los resultados. Críticamente, la escasa comunicación de las autoridades hacia los familiares de las víctimas genera desconfianza, lo que a su vez limita la obtención de información ante mortem de calidad, un dato esencial para orientar las búsquedas georreferenciadas.

Los datos existentes sobre desapariciones se concentran mayoritariamente en áreas urbanas (Panamá, Chiriquí, Veraguas), sin estudios que evalúen la cobertura o eficacia de las herramientas de búsqueda en zonas rurales o comarcales. Esto introduce un sesgo geográfico significativo que impide generalizar los hallazgos y desarrollar estrategias de búsqueda de alcance verdaderamente nacional.

4.5 Arquitectura Técnica de la Georreferenciación

Para evaluar de manera rigurosa la aplicación práctica de estas herramientas en la provincia de Chiriquí, resulta imperativo diseccionar las bases físicas y lógicas que posibilitan la georreferenciación. Comprender cómo los impulsos electromagnéticos y la fotogrametría se

traducen en coordenadas procesables es esencial para distinguir entre la viabilidad teórica y la operatividad en campo.

4.5.1 Triangulación de Telefonía Móvil (GSM/LTE) y Rastreo Pasivo

La vasta infraestructura global de telecomunicaciones constituye, a efectos prácticos, la red de sensores de posicionamiento más extensa a disposición de las autoridades investigativas. La localización forense de un individuo que porta un dispositivo móvil, incluso si este carece de receptor GPS activado, se ejecuta mediante el análisis de las señales radioeléctricas intercambiadas con las estaciones base (torres de telefonía), un proceso genéricamente denominado triangulación GSM o LTE.

La precisión de esta metodología depende de la aplicación combinada de técnicas de geometría de red:

Identificación de Celda de Sector: Las antenas modernas no emiten ondas de manera omnidireccional. Están divididas en sectores (habitualmente tres de 120 grados). Cuando el dispositivo móvil de una persona desaparecida se registra en la red, el sistema identifica el sector específico que provee la cobertura. Esto descarta automáticamente dos tercios del radio circundante, limitando la zona de búsqueda al interior de un sector circular.

Cálculo por Avance Temporal (Time Advance): Para refinar la búsqueda, los conmutadores de red miden el lapso infinitesimal que tarda el paquete de datos en viajar desde la antenna hasta el dispositivo móvil y regresar. Al conocer la velocidad de propagación de las ondas de radio (cercana a la velocidad de la luz), el sistema calcula la distancia radial exacta. Esto recorta el sector circular, transformando la zona de localización en un "sector de corona

circular". Al cruzar esta corona con los registros de antenas adyacentes (verdadera triangulación multicanal), el margen de error en áreas urbanas densificadas puede reducirse a escasos metros.

Recopilación Pasiva e Identificadores (IMEI): Las plataformas de datos de ubicación más sofisticadas permiten rastrear no solo el número de teléfono (tarjeta SIM), sino el Identificador Internacional de Equipo Móvil (IMEI). Esto impide que los perpetradores de un secuestro o femicidio evadan la vigilancia electrónica simplemente desechando la tarjeta SIM. La recopilación pasiva garantiza que, en el instante en que el hardware se enciende e intenta un handshake (saludo de conexión) con cualquier red, el evento queda registrado de manera subyacente en los servidores de la operadora, actualizando instantáneamente la última ubicación conocida de la persona o de su dispositivo.

Limitaciones y Brecha de Cobertura: A pesar de su robustez teórica, la eficacia de la triangulación es directamente proporcional a la densidad de la infraestructura instalada. Expertos advierten que, en áreas rurales, montañosas o despobladas, como grandes porciones de la provincia de Chiriquí o la Comarca Ngäbe-Buglé, un dispositivo móvil podría conectarse a una sola torre ubicada a decenas de kilómetros de distancia. Al no existir torres adyacentes para cruzar los datos, el cálculo de avance temporal genera coronas circulares de dimensiones inabarcables para los equipos de búsqueda terrestre. A esto se suma el "efecto sombra" o atenuación de la señal provocado por elevaciones topográficas o densas masas forestales, lo que interrumpe la emisión de señales de rastreo pasivo.

4.5.2 Sistemas Aéreos y Acuáticos No Tripulados (Drones)

La proliferación de vehículos no tripulados ha cerrado la brecha histórica entre la macro-cartografía de los satélites geoestacionarios y las limitaciones visuales de las patrullas terrestres

humanas. La integración de flotas de drones ha transformado radicalmente la inspección de terrenos inaccesibles, optimizando tiempos e integrando sensores que exceden el espectro visual humano.

Drones Aéreos de Grado Empresarial (UAV).

En misiones institucionales de búsqueda, se emplean plataformas pesadas (como las series Matrice 30, Matrice 350 RTK o Mavic 3 Enterprise) que incorporan tecnología de precisión cinemática en tiempo real (RTK). La ventaja insustituible de estos equipos radica en su capacidad de payload (carga útil), portando sensores ópticos Zenmuse que facilitan el mapeo 3D y el análisis topográfico continuo. Más crítico aún, estos drones portan cámaras radiométricas y térmicas capaces de detectar la firma de calor (infrarroja) de una persona extraviada bajo el dosel forestal durante operaciones nocturnas, o identificar alteraciones térmicas en el subsuelo que sugieran remociones de tierra recientes (fosas clandestinas).

Drones Acuáticos de Superficie (USV).

Ante el incremento de desapariciones por inmersión en ríos de alto caudal o litorales marítimos con corrientes de resaca, los drones acuáticos han surgido como herramientas de rescate dinámico. Estos dispositivos permiten ejecutar barridos de superficie teledirigidos, explorando rápidos y cañones fluviales donde el despliegue de buzos tácticos resultaría suicida.

Limitaciones Físicas y Ambientales.

La operatividad de los vehículos no tripulados es altamente susceptible a las condiciones atmosféricas. La autonomía de vuelo es estrictamente finita (fluctuando entre 30 y 55 minutos por set de baterías de alta densidad). Además, aunque los modelos recientes poseen certificaciones de resistencia al polvo y agua (clasificación IP), la presencia de ráfagas de viento

huracanado, precipitaciones torrenciales continuas o niebla espesa (condiciones típicas de los bosques nubosos chiricanos) pueden degradar la telemetría, impedir el despegue o neutralizar por completo la utilidad de las cámaras ópticas y térmicas.

4.5.3 Plataformas SIG y Modelado Predictivo de Desplazamiento

Toda la información recabada (coordenadas GSM, ortofotos de drones, testimonios) carece de valor táctico si no es procesada e integrada. Los Sistemas de Información Geográfica operan como el cerebro central de la operación. En el contexto de búsquedas en medios terrestres accidentados, el SIG asimila la Última Posición Conocida (LKP - Last Known Position) y superpone capas de información ambiental (modelos de elevación digital, cauces hídricos, densidad vegetal).

La ventaja principal de esta síntesis es el modelado del desplazamiento empírico. El SIG ayuda a los equipos de emergencia a acotar las isócronas de probabilidad: calcula hasta dónde pudo haber caminado una persona desaparecida en un lapso de horas determinado, asumiendo su edad, estado físico y las barreras naturales del terreno. Esto permite focalizar los recursos de búsqueda en áreas con mayor probabilidad de supervivencia, disminuyendo exponencialmente los tiempos de respuesta.

CONCLUSIONES

Las condiciones estructurales de Panamá, tanto a nivel institucional como geográfico, imponen barreras significativas que impiden que las tecnologías de georreferenciación y análisis de datos alcancen su máximo potencial operativo.

La evaluación de la eficacia en la provincia de Chiriquí presupone la existencia de un ecosistema tecnológico nacional capaz de soportar operaciones georreferenciadas de alta complejidad. Entre los años 2022 y 2025, la República de Panamá ha ejecutado una política agresiva de digitalización institucional que ha impactado de forma directa en la arquitectura de respuesta a emergencias.

En el ámbito civil y estadístico, la Autoridad Nacional para la Innovación Gubernamental (AIG) lideró el lanzamiento de "GEORED", una plataforma centralizada que persigue poner la información territorial al alcance de instituciones y de la ciudadanía. Paralelamente, el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) consolidó una robusta cartografía satelital georreferenciada de todo el país como base para los censos de la década de 2020. Esta modernización cartográfica proporciona la planimetría basal sobre la cual se superponen las operaciones de búsqueda en terrenos remotos. Asimismo, el perfeccionamiento del centro de contacto ciudadano 311 y la aplicación "Panamá Conecta" ha permitido canalizar incidencias y denuncias en tiempo real (atención 24/7), integrando el reporte ciudadano con un sistema de asignación de casos georreferenciado hacia las entidades pertinentes.

El hito de política pública más significativo en materia de desapariciones durante el periodo analizado es la implementación integral del Sistema de Alerta Amber. Legalizado formalmente mediante la Ley 230 del 24 de junio de 2021 y sometido a debates legislativos de actualización normativa mediante el Proyecto de Ley 215, este mecanismo importa el exitoso

modelo estadounidense y mexicano para establecer protocolos de búsqueda urgente y recuperación inmediata de menores de 18 años.

La operatividad del sistema demanda la sincronización absoluta de un trípode institucional, estructurado mediante convenios formales de responsabilidad:

Ministerio Público (MP): Organismo que detenta la competencia exclusiva para la recepción de la denuncia formal, el registro inicial en el sistema tecnológico y la autorización final para la difusión pública de la alerta a nivel nacional.

Ministerio de Seguridad Pública (Minseg) y Policía Nacional: Entidades encargadas del despliegue táctico en el terreno, la verificación de campo, los bloqueos geográficos perimetrales y la actualización incesante del flujo de información operativa en el sistema.

Ministerio de Gobierno (Mingob): Administrador y custodio legal del Sistema de Gestión de Alertas. Supervisa la configuración del software, la gestión de usuarios institucionales, la automatización de la difusión por eventos y la consolidación de métricas estadísticas.

El despliegue de esta arquitectura requirió inversiones sustanciales y procesos de contratación excepcionales. Las evaluaciones iniciales del proyecto proyectaban un requerimiento presupuestario cercano a los 5 millones de dólares para garantizar una infraestructura de última generación análoga a la de potencias norteamericanas. No obstante, las limitaciones fiscales condujeron a ejecuciones más pragmáticas. En sus etapas incipientes, el Ministerio de Gobierno aprobó un procedimiento excepcional por 50,000 dólares adjudicado a la empresa tecnológica TX Intelligence, S.A. Este contrato contempló el diseño, alojamiento, soporte de la plataforma web de gestión y, crucialmente, el desarrollo de la aplicación móvil de

descargas para el sistema operativo Android, domiciliada operativamente en el sector de Panamá Pacífico.

El valor agregado de la Alerta Amber no es la simple publicación de un afiche, sino su capacidad de penetración georreferenciada. En coordinación con la Autoridad de los Servicios Públicos (Asep) y el espectro de operadoras telefónicas, el sistema permite la irradiación de notificaciones de tipo push y mensajes de texto masivos dirigidos exclusivamente a los teléfonos celulares que triangulan dentro del polígono geográfico estimado de la desaparición. En escenarios donde la inteligencia estatal detecta un riesgo inminente de extracción transfronteriza, el Comité Nacional del Sistema ha elevado las alertas nacionales a la categoría de alerta activa de Interpol, internacionalizando inmediatamente el cerco. Es importante señalar que, a pesar de su diseño enfocado en menores, la flexibilidad del sistema ha permitido su activación en casos de adultos jóvenes cuando los elementos de convicción sugieren alto grado de vulnerabilidad.

Con el marco teórico y la infraestructura nacional delineados, el análisis aterriza en el escenario empírico de la provincia de Chiriquí. Durante el trienio estudiado, la georreferenciación operó en dos ejes fundamentales: la inteligencia forense retrospectiva para el esclarecimiento de crímenes complejos por parte de la Fiscalía, y la movilización preventiva en tiempo real desplegada por los estamentos de auxilio civil y policial.

La aplicación de SIG y herramientas de análisis avanzado está supeditada a la existencia de un ecosistema de datos robusto y coordinado, el cual presenta deficiencias críticas en Panamá:

La cartografía nacional base presenta un desfase temporal de hasta ocho años y errores de exactitud derivados de prácticas cartográficas inadecuadas. La geocodificación de direcciones,

un proceso fundamental, también introduce imprecisiones, degradando la calidad del insumo primordial para cualquier análisis espacial.

No existe un registro unificado, consolidado y depurado de personas desaparecidas, lo que conduce a una atomización de la información. La multiplicidad de prácticas de búsqueda y la falta de protocolos de comunicación eficientes entre las instituciones (policía, fiscalía, IMELCF) resultan en la duplicación de esfuerzos y la dilución de los resultados.

El Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses (IMELCF) opera con un presupuesto insuficiente para su modernización tecnológica, lo que se manifiesta en infraestructura deficiente y capacidad limitada para procesar un alto volumen de casos. La burocracia y la falta de personal especializado agravan esta situación.

La comunicación deficiente entre las autoridades y los familiares de las víctimas genera una profunda desconfianza. Esto no solo obliga a las familias a realizar búsquedas por cuenta propia, sino que también priva a los sistemas de análisis de la inteligencia humana y el conocimiento contextual que son vitales para la efectividad de los modelos predictivos.

Las características del entorno físico panameño restringen la aplicabilidad y fiabilidad de tecnologías de campo:

El clima tropical húmedo y la prevalencia de suelos conductivos (arcillosos) limitan severamente la penetración y resolución del Georradar (GPR).

La densa cobertura arbórea en zonas selváticas y montañosas reduce la efectividad de la detección visual aérea y puede degradar la calidad de las señales GPS. La topografía accidentada, a su vez, complica la ejecución de prospecciones geofísicas sistemáticas.

La susceptibilidad de Panamá a amenazas hidrometeorológicas (inundaciones, deslizamientos) y la degradación ambiental modifican constantemente el paisaje. Esta dinámica del terreno complica la interpretación forense a largo plazo y la aplicación de técnicas geofísicas, ya que las condiciones superficiales y subsuperficiales pueden cambiar drásticamente.

CONSIDERACIONES

La provincia de Chiriquí se ha erigido indiscutiblemente como un campo de pruebas de vital trascendencia para la adopción de herramientas geoespaciales y tecnológicas orientadas a la salvaguarda de la vida humana. El análisis exhaustivo de la evidencia recopilada durante el periodo 2022-2025 demuestra empíricamente que la eficacia de las herramientas de georreferenciación en esta región es notable, operando como un multiplicador de fuerza insustituible para los estamentos de auxilio civil, rescate ambiental e investigación forense penal.

El histórico éxito en la judicialización del agresor serial José Alberto Atencio legitima la madurez de la triangulación celular y el rastreo de registros electromagnéticos en Panamá. La convergencia pericial de las celdas de sector y los rastreos pasivos de identificadores internacionales probó que la huella digital geoespacial posee la fortaleza dogmática suficiente para sustituir al corpus delicti tradicional en el estrado, logrando desarticular la impunidad derivada del ocultamiento de los cuerpos y obteniendo condenas cumulativas máximas de enorme valor jurídico y moral.

De igual envergadura han sido los dividendos de la digitalización preventiva a través de la plataforma Alerta Amber. En menos de un lustro, la geocerca comunicacional y la emisión localizada de descriptores morfológicos a través de teléfonos móviles han frustrado casos inminentes de privación de libertad, siendo el rápido cerco y rescate del menor en el enclave montañoso de Cuesta de Piedra (Tierras Altas) el epítome de una sinergia perfecta entre presión civil interconectada y reacción policial teledirigida. Por su parte, la doctrina ambiental liderada por SINAPROC bajo el marco del Operativo Guardianes ha demostrado pragmatismo al abrazar la disrupción tecnológica; frente a fenómenos naturales implacables y barreras geológicas mortíferas como el Cañón de Macho de Monte, las flotillas de aeronaves no tripuladas de prospección térmica y visual, amparadas por la formidable capacidad cinética del dron acuático

D.O.R.A., han protegido la integridad de los rescatistas al tiempo que expanden las fronteras de búsqueda en los medios más hostiles de la provincia.

Pese al abrumador éxito operativo expuesto, las limitaciones estructurales dictan medida. La georreferenciación no es un remedio ubicuo, sino una red sujeta a los caprichos del espectro electromagnético. La accidentada topografía chiricana y la preexistente brecha digital en enclaves comarcales y rurales condicionan y a menudo frustran el uso óptimo de las antenas, provocando grandes polígonos de silencio e inoperatividad de campo. Sumado a ello, la desconexión tecnológica sistemática de los volúmenes demográficos migratorios flotantes abre ventanas de vulnerabilidad que las organizaciones criminales transnacionales están instrumentalizando con alarmante éxito, exigiendo una adaptación veloz y multilingüe de las plataformas de auxilio estatal (como la red Panamá Conecta 311).

A pesar de los obstáculos, la evidencia demuestra que la adopción de estas tecnologías es fundamental, siempre que su implementación sea adaptativa y contextual. Se constata que no existe una solución tecnológica única; la eficacia operativa se deriva de la aplicación sinérgica y multidisciplinaria de un conjunto de herramientas, seleccionadas según el contexto:

Los flujos de trabajo deben ser diseñados para los distintos entornos de Panamá. En áreas urbanas, se priorizan herramientas de datos como SIG y análisis de redes sociales. En selva y montaña, se debe combinar el uso de UAVs con sensores multiespectrales o radar (SAR) para penetrar la nubosidad, junto con IA para priorizar áreas de búsqueda. En la costa, los UAVs con sensores RGB y térmicos son más adecuados.

Aunque el GPS convencional puede fallar, tecnologías geodésicas modernas y técnicas como el Posicionamiento Puntual Preciso (PPP) permiten alcanzar precisiones centimétricas, si bien requieren personal altamente capacitado y software especializado.

La GIScience ofrece la capacidad de aplicar modelos predictivos para reducir el espacio de búsqueda. Mediante la identificación de criterios espaciales (proximidad a vías, uso del suelo, topografía), es posible estimar la probabilidad de localización de fosas clandestinas. Para que este análisis sea exitoso, es imperativo que incorpore el conocimiento local y la información proporcionada por las familias, sirviendo como un puente para reconstruir la confianza y mejorar la calidad de los datos.

La evidencia analizada permite refutar la conclusión de H0. Las herramientas de georreferenciación y análisis de datos no son insignificantes; por el contrario, son consideradas imprescindibles para la búsqueda forense moderna. Sin embargo, la premisa descriptiva de es válida: los obstáculos institucionales y ambientales existentes en Panamá son la causa directa por la cual el potencial de estas herramientas no se materializa plenamente en la actualidad.

Por consiguiente, se acepta H1. Las herramientas tecnológicas mejoran de forma significativa la eficacia de la búsqueda, pero su éxito está condicionado a una implementación que se adapte estratégicamente a las realidades del país. El desafío principal no es de naturaleza tecnológica, sino estructural y de gestión. La capacidad teórica de estas herramientas solo se convertirá en un impacto operativo real cuando se superen las deficiencias en el ecosistema de datos, se fortalezca la capacidad institucional y se apliquen metodologías adaptadas a la compleja geografía del istmo panameño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Janabi, S., Alkaim, A., & Rahem, A. (2022). An alternative technique to reduce time, cost and human effort during natural or manufactured disasters. *IAES International Journal of Robotics and Automation (IJRA)*. <https://doi.org/10.11591/ijra.v11i1.pp10-20>
- Almujalli, F. S., & Altuwaijri, H. (2023). Adopting a new approach for finding missing people using GIS techniques: A case study in Saudi Arabia's desert area. *Open Geosciences*, 15. <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0517>
- Alvarado, N., & Perez-Vincent, S. M. (2020). Evolución de la seguridad ciudadana en Colombia en tiempos del COVID-19. <https://doi.org/10.18235/0002780>
- Álvarez, M. M. T., & Castaño, D. M. (2016). Articuladores de innovación social para contrarrestar amenazas a la seguridad ciudadana. <https://doi.org/10.22335/RLCT.V8I2.315>
- Barone, P., Di Maggio, R., & Mesturini, S. (2021a). Forensic Geoarchaeology in the Search for Missing Persons. 1, 8-15. <https://doi.org/10.3390/forensicsci1010003>
- Barone, P., Di Maggio, R., & Mesturini, S. (2021b). Materials for the study of the locus operandi in the search for missing persons in Italy. *Forensic Sciences Research*, 7, 371-377. <https://doi.org/10.1080/20961790.2020.1854501>
- Barone, P., Di Maggio, R., & Mesturini, S. (2023). A Complementary Remote-Sensing Method to Find Persons Missing in Water: Two Case Studies. *Forensic Sciences*. <https://doi.org/10.3390/forensicsci3020021>

- Batista, M. L., López, S., & Batista, A. F. (2021). Use of GIS in Forensic Archaeology to Search Clandestine Graves in Uruguay. *Archaeological and Environmental Forensic Science*.
<https://doi.org/10.1558/aeefs.18106>
- Bunch, A., Kim, M., & Brunelli, R. (2017). Under Our Nose: The Use of GIS Technology and Case Notes to Focus Search Efforts. *Journal of Forensic Sciences*, 62.
<https://doi.org/10.1111/1556-4029.13218>
- Chinchilla, L., & Vorndran, D. (2017). Seguridad ciudadana en América Latina y el Caribe. Desafíos e innovación en gestión y
- Congram, D., Kenyhercz, M., & Green, A. (2017). Grave mapping in support of the search for missing persons in conflict contexts. *Forensic science international*, 278, 260-268.
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.07.021>
- Costa Rica: Promoviendo la seguridad ciudadana y la prevención de violencia, YouTube. (s. f.).
 Recuperado 11 de mayo de 2026, de <https://www.youtube.com/watch?v=GY3ECzekTPU>
- Cunya-Merino..., E. (2021). Estrategias para la seguridad ciudadana: Caso de estudio.
 ... (Fomento de la
- Drexel, S., Zimmermann-Janschitz, S., & Koester, R. (2018). Network analysis for search areas in WiSAR operations. *International Journal of Embedded Systems*, 7, 192-202.
<https://doi.org/10.1108/ijes-02-2017-0005>
- Estrategia Nacional de Seguridad Ciudadana | Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo. (s. f.). Recuperado 11 de mayo de 2026, de

<https://www.undp.org/es/panama/publicaciones/estrategia-nacional-de-seguridad-ciudadana>

Estrategias de Seguridad Ciudadana en Colombia | PDF | Policía | Secuestro. (s. f.). Recuperado 11 de mayo de 2026, de <https://es.scribd.com/document/325540415/168-a-ESTRATEGIAS-Presentacion-Ejecutiva3-2>

Estrategias de Seguridad Ciudadana en Panamá | PDF | Policía | Valores. (s. f.). Recuperado 11 de mayo de 2026, de <https://es.scribd.com/presentation/624225319/Seguridad-Ciudadana>

Ewers, J.-H., Anderson, D., & Thomson, D. (2023). GIS Data Driven Probability Map Generation for Search and Rescue Using Agents. IFAC-PapersOnLine. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.1834>

Fernández-Osorio, A. E., Villalba-García, L. F., & Velandia-Pardo, E. F. (2024). Gobernanza policéntrica, big data e inteligencia artificial: Herramientas para la seguridad ciudadana en Colombia. *Revista Criminalidad*. <https://doi.org/10.47741/17943108.658>

Gamboa, A. R. (s. f.). UNA DÉCADA DE POLÍTICAS DE SEGURIDAD CIUDADANA EN COLOMBIA.

Gandásegui & Carrera. (s. f.). VIOLENCIA Y SEGURIDAD CIUDADANA EN PANAMÁ. OBSERVATORIO LATINOAMERICANO

Heth, C., & Cornell, E. (2020). A Geographic Information System for Managing Search for Lost Persons. 267-284. <https://doi.org/10.4324/9781003064350-10>

- Johnson, L. (2021). Mapping Louisiana's Missing: Spatiotemporal Profiling of Louisiana's Missing Persons- An Experimental Application of Geographic Information Systems and Forensic Anthropology. https://doi.org/10.31390/gradschool_theses.5270
- Matul, D., & Dinarte, G. (2004). Enfoques políticos vigentes sobre seguridad ciudadana en Costa Rica. San José: Fundación Friedrich Ebert.
- Mejoramiento de la seguridad ciudadana en Panamá, Contribuyendo a la construcción social de la Paz | MDG Fund. (s. f.). Recuperado 11 de mayo de 2026, de <http://www.mdgfund.org/es/node/862>
- Mondragon, A., & Cárdenas, J. (2024). Using geospatial information sciences for the search of clandestine graves. *Forensic Research & Criminology International Journal*. <https://doi.org/10.15406/frcij.2024.12.00413>
- Morales, S. (2026, febrero 26). Costa Rica impulsa un modelo para prevenir el delito desde la planificación urbana y la criminología aplicada. UNGL. <https://www.ungl.or.cr/?p=2253>
- Nero, E. A., & portal.amelica.org, L. A. N.-. (s. f.). ... EN LA POLÍTICA CRIMINOLÓGICA VIGENTE DE PANAMÁ THE PREVENTION OF CRIME IN THE CURRENT CRIMINOLOGICAL POLICY OF PANAMA.
- Nero, E. H. A., & Nero, L. O. A. (2023). PREVENCIÓN DEL DELITO EN LA POLÍTICA CRIMINOLÓGICA VIGENTE DE PANAMÁ. *Revista Saberes APUDEP*. <https://doi.org/10.48204/J.SABERES.V6N2.A4086>
- Nero, E., & Nero, L. (2022). La prevención del delito en la política criminológica vigente de Panamá. *Revista Saberes APUDEP*.

- Omaña, J. P. B. (2024). Estrategias de seguridad ciudadana para la disminución de la violencia de género. *Prohominum*. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0227>
- Papić, V., Gudelj, A. Š., Milán, A., & Miličević, M. (2024). Person Mobility Algorithm and Geographic Information System for Search and Rescue Missions Planning. *Remote. Sens.*, 16, 670. <https://doi.org/10.3390/rs16040670>
- Pfau, L., & Blanford, J. (2018). Use of Geospatial Data and Technology for Wilderness Search and Rescue by Nonprofit Organizations. *The Professional Geographer*, 70, 434-442. <https://doi.org/10.1080/00330124.2018.1432367>
- Policía Nacional implementa nueva estrategia para reforzar la seguridad ciudadana en Colombia | Policía Nacional de Colombia. (s. f.). Recuperado 11 de mayo de 2026, de <https://www.policia.gov.co/noticia/policia-nacional-implementa-nueva-estrategia-para-reforzar-seguridad-ciudadana-en-colombia>
- Presentación de la estrategia país de seguridad ciudadana. (s. f.). Slideshare. Recuperado 11 de mayo de 2026, de <https://es.slideshare.net/slideshow/estrategia-de-prevencion-de-panam/23276682>
- Programas Preventivos. (s. f.). Recuperado 11 de mayo de 2026, de https://www.seguridadpublica.go.cr/tramites_servicios/dppp/programas_preventivos.aspx
- Reyes, J., Congram, D., Sirbu, R., & Floridi, L. (2025). Where are they? A review of statistical techniques and data analysis to support the search for missing persons and the new field of data-based disappearance analysis. *Forensic science international*, 376, 112582. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2025.112582>

- Reyes, J. R., Congram, D., Sirbu, R., & Floridi, L. (2024). Where are they? A review of statistical techniques and data analysis to support the search for missing persons and the new field of data-based disappearance analysis. SSRN Electronic Journal.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.4704138>
- Rico, J. M. & Inter-American Institute of Human Rights (Eds.). (1999). La seguridad ciudadana en Centroamérica: Aspectos teóricos y metodológicos (1. ed). IIDH.
- Rodríguez, C. V. (2011). Seguridad ciudadana, políticas de seguridad y estrategias policiales.
- Rodríguez, R. (2017). Evaluación de las instituciones del sistema de justicia penal de la República de Panamá desde un enfoque de seguridad ciudadana (2004-2014).
- Rodríguez, R. R. (2017). Evaluación de la seguridad ciudadana: Las instituciones de prevención, control y justicia penal de la República de Panamá como caso de estudio.
- Rodríguez-Ortega, J. D., Duarte-Velásquez, Y. A., Toro, C. G., & Cadavid-Carmona, J. A. (2019). Seguridad ciudadana, violencia y criminalidad: Una visión holística y criminológica de las cifras estadísticas del 2018. DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals).
- Růžicková, K., Ruzicka, J., Skřejpková, K., Chaloupková, H., & Svobodová, I. (2025). Advanced Division of Search Areas for Missing Persons in Non-Urban Environments. ISPRS Int. J. Geo Inf., 14, 352. <https://doi.org/10.3390/ijgi14090352>
- Sánchez, K. S., & repositorio.conare.ac.cr, M. M. H.-2024-. (s. f.). Buenas prácticas en materia de seguridad ciudadana, con el énfasis en violencia homicida y su potencial de réplica en Costa Rica.

Solís Moreira, J. (2015). Seguridad ciudadana y prevención de violencia en Costa Rica:

Estrategia operativa de coproducción y corresponsabilidad / Julio Solis Moreira.

<http://collections.fes.de/publikationen/457629>

Soule, N., Anderson, S., Rock, C., Toll, B., Ostwald, J., Milligan, J., Paulini, M., Canestrare, D.,

Swistak, J., & Daniels, E. (2020). A Data-Driven System for Probabilistic Lost Person

Location Prediction. 22-28.

Tiscornia, S., Pita, M. V., Tiscornia, S., & Pita, M. P. D. (2013). Reflexiones sobre seguridad

ciudadana y activismo en derechos humanos. Tla-melaua.

<https://doi.org/10.32399/RTLA.7.35.58>

Vega, M. E., & Higuera, M. J. G. (2025). Estrategias de seguridad ciudadana y su impacto en la

percepción ciudadana. Un análisis desde el municipio de San Gil, Santander (2019-2023).

PUNTO DE VISTA. <https://doi.org/10.15765/Q0FHAF03>

Viry, M., Villanova-Oliver, M., Gautier, J., Sreeves, M., & Davoine, P.-A. (2019). Improving the

search for victims in mountain environments with geovisualization and competing

hypotheses management. Proceedings of the ICA. [https://doi.org/10.5194/ica-proc-2-138-](https://doi.org/10.5194/ica-proc-2-138-2019)

2019

ANEXOS

Cuadro de Relación Temática

Objetivo Específico	Pregunta de Investigación	Categorías de Análisis	Técnica de Recolección	Instrumento
<i>OE1: Evaluar estudios académicos y técnicos sobre el uso de herramientas de georreferenciación en Latinoamérica.</i>	¿Qué estudios académicos y técnicos nos permiten evaluar el uso de herramientas de georreferenciación en Latinoamérica?	1. Herramientas de Georreferenciación 2. Herramientas de Análisis de Datos 3. Experiencias Latinoamericanas	Revisión documental sistemática	Matriz de análisis documental (Anexo 2)
<i>OE2: Identificar casos documentados y metodologías aplicadas en entornos similares a Panamá.</i>	¿Qué casos documentados y metodologías existen en entornos geográficos similares a Panamá?	3. Experiencias Latinoamericanas 4. Ecosistemas de Panamá (como criterio comparativo)	Análisis comparativo de casos	Cuadro comparativo por país/ecosistema
<i>OE3: Relacionar los factores intervinientes para la implementación con los ecosistemas de Panamá.</i>	¿Cómo se relacionan los factores intervinientes para la implementación con los ecosistemas de Panamá?	4. Ecosistemas de Panamá 5. Factores Intervinientes	Análisis crítico-analítico	Matriz de relación ecosistema-factor

Cuadro de Operalización

<i>Variable</i>	<i>Definición Conceptual</i>	<i>Definición Operacional</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Indicador</i>	<i>Instrumento</i>	<i>Relación con Objetivos</i>
Variable Independiente (VI) <i>Herramientas de georreferenciación y análisis de datos</i>	Conjunto de tecnologías, métodos y sistemas que permiten capturar, procesar, visualizar y analizar información con referencia espacial, así como técnicas computacionales para extraer patrones y conocimiento a partir de grandes volúmenes de datos aplicados a la búsqueda humanitaria.	Grado de aplicación, desarrollo y disponibilidad de herramientas SIG, teledetección, IA, geofísica y plataformas de participación ciudadana documentadas en la literatura académica y técnica (2020-2025).	Tecnológica	- Tipos de herramientas documentadas - Nivel de sofisticación tecnológica - Frecuencia de uso en la región	Matriz de análisis documental	OE1, OE2
			Metodológica	- Protocolos de aplicación existentes - Modelos predictivos empleados - Técnicas de análisis espacial utilizadas	Matriz de análisis documental	OE1, OE2
			Disponibilidad	- Acceso a las herramientas en la región - Costos asociados (hardware/software) - Existencia de alternativas de software libre	Matriz de análisis documental	OE1, OE2
Variable Dependiente (VD) <i>Eficiencia en la búsqueda de personas desaparecidas</i>	Capacidad de los procesos de búsqueda para lograr la localización de personas o restos humanos optimizando recursos (tiempo, personal, logística) y maximizando la precisión de los resultados en un contexto geográfico determinado. Resultados cuantitativos y cualitativos reportados en estudios de caso sobre la aplicación de herramientas tecnológicas en procesos de búsqueda.		Temporal	- Reducción de tiempos de búsqueda (%) - Tiempo promedio de localización - Rapidez en la activación de alertas	Matriz de análisis documental	OG, OE3
			Espacial	- Reducción del área de búsqueda (%) - Precisión espacial (metros de error) - Cobertura geográfica alcanzada	Matriz de análisis documental	OG, OE3
			Operativa	- Número de casos resueltos/localizados - Tasa de éxito en la localización (%) - Optimización de	Matriz de análisis documental	OG, OE3

Variables Intervinientes (VInt)

Factores contextuales que afectan la relación VI-VD

Conjunto de elementos institucionales, geográficos, sociales y técnicos que pueden facilitar o limitar la implementación efectiva de las herramientas tecnológicas en Panamá.

Características identificadas en la literatura y documentos técnicos sobre el contexto panameño y regional que inciden en la aplicabilidad de las herramientas.

	Institucional	- Capacidad del personal especializado - Presupuesto destinado a tecnología forense - Existencia de marcos normativos - Coordinación interinstitucional	Análisis de informes institucionales	OE3	recursos (costo-beneficio)
	Geográfica/Ambiental (Ecosistemas)	- Tipo de ecosistema (selva, montaña, costa, urbano) - Condiciones climáticas (nubosidad, humedad) - Características del suelo (conductividad, topografía) - Accesibilidad del terreno	Cuadro comparativo por ecosistema	OE3	
	Calidad de Datos	- Actualización cartográfica - Precisión de georreferenciación - Existencia de registros unificados - Estandarización de la información	Matriz de análisis documental	OE3	
	Social	- Participación comunitaria - Confianza institucional - Aportes de familiares (información ante mortem)	Análisis de experiencias documentadas	OE3	

Cuadro de Definición de Categorías y Subcategorías de Análisis

Categoría	Subcategoría	Definición	Unidad de Análisis	Fuente de Información	Criterios de Inclusión
1. Herramientas de Georreferenciación	1.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG)	Plataformas para capturar, almacenar, analizar y visualizar datos geoespaciales (QGIS, ArcGIS, PostGIS, Google Earth Engine).	Artículos que documenten uso de SIG en búsqueda de desaparecidos	Revistas indexadas (Scielo, Redalyc), informes institucionales	Publicaciones 2020-2025, idioma español, aplicación forense/humanitaria
	1.2 Teledetección y UAVs/drones	Tecnologías de captura remota de información mediante sensores satelitales (Landsat, Sentinel) o aéreos no tripulados con cámaras multispectrales, térmicas, LiDAR.	Estudios que apliquen imágenes satelitales o drones para detección de anomalías/fosas	Revistas indexadas, informes técnicos	Aplicación en contextos de selva, montaña o difícil acceso
	1.3 Geofísica terrestre	Técnicas no invasivas de prospección del subsuelo: Georradar (GPR), resistividad eléctrica, magnetometría.	Investigaciones que utilicen GPR para localización de entierros clandestinos	Publicaciones científicas, informes forenses	Estudios de caso con validación de hallazgos
	1.4 GPS y geolocalización móvil	Sistemas de posicionamiento global y seguimiento de coordenadas en tiempo real mediante dispositivos móviles.	Documentación sobre uso de geolocalización en primeros momentos de desaparición	Reportes policiales, literatura técnica	Aplicación en entornos urbanos y rurales
2. Herramientas de Análisis de Datos	2.1 Inteligencia Artificial / Machine Learning	Algoritmos de aprendizaje automático para vinculación de registros (record linkage), análisis predictivo y clasificación automática.	Artículos sobre modelos predictivos (MaxENT, Random Forest) aplicados a búsqueda	Revistas indexadas, actas de congresos	Modelos entrenados con datos forenses o criminales
	2.2 IA para progresión facial/reconocimiento	Sistemas que proyectan el envejecimiento facial o cotejan imágenes con bases de datos para identificación.	Documentación de proyectos como "Regresa" (UNAM) o sistemas biométricos	Publicaciones académicas, informes de derechos humanos	Aplicación en menores desaparecidos o identificación forense
	2.3 Análisis de Big Data y minería de registros	Técnicas para integrar y analizar grandes volúmenes de datos heterogéneos (llamadas,	Estudios que crucen bases de datos para generar hipótesis de búsqueda	Literatura técnica, informes de organismos internacionales	Enfoque en optimización de recursos de búsqueda

Categoría					
	Subcategoría	Definición	Unidad de Análisis	Fuente de Información	Criterios de Inclusión
3. Experiencias Latinoamericanas		movimientos financieros, registros hospitalarios).			
	2.4 Análisis de Redes Sociales (ARS)	Estudio de interacciones, metadatos y geotags en plataformas digitales para reconstruir últimos movimientos.	Casos documentados de uso de Facebook, Instagram, Twitter en investigaciones	Artículos académicos, reportes de investigación criminal	Inclusión de metadatos o geolocalización de publicaciones
	3.1 Caso México	Aplicaciones documentadas en contexto de violencia, fosas clandestinas y colectivos de búsqueda (2018-2025).	Publicaciones sobre uso de SIG, drones e IA en México	Revistas mexicanas, informes de CED, WGEID	Periodo 2020-2025, enfoque en desaparición forzada
	3.2 Caso Colombia	Experiencias en posconflicto, Unidad de Búsqueda (UBPD), modelado predictivo (EQUITAS).	Documentación de MESP, cartografía participativa, uso de UAVs	Informes UBPD, artículos científicos colombianos	Contextos de conflicto armado y fosas comunes
	3.3 Caso Centroamérica (Guatemala, Honduras, El Salvador)	Experiencias en corredores migratorios, desapariciones forzadas históricas, Alertas Amber.	Estudios sobre aplicación de SIG y crowdsourcing en la región	Informes OEA, CICR, literatura regional	Enfoque en vulnerabilidad migratoria
	3.4 Caso Cono Sur (Argentina, Chile)	Antecedentes históricos de desapariciones en dictaduras, uso de geofísica y cooperación forense (EAAF).	Documentación de búsqueda de víctimas de terrorismo de Estado	Informes EAAF, publicaciones académicas	Aplicación de GPR, resistividad en contextos históricos
4. Ecosistemas de Panamá	4.1 Ecosistema Selvático (Darién)	Zona de selva tropical densa, alta pluviosidad, baja accesibilidad, suelos arcillosos, ríos caudalosos.	Características geográficas que afectan la búsqueda en la provincia de Darién	Literatura geográfica, informes migratorios	Desafíos: cobertura vegetal, humedad, nubosidad
	4.2 Ecosistema Montañoso (Chiriquí, Bocas del Toro)	Zonas de alta pendiente, topografía accidentada, cambios de altitud, neblina, suelos variables.	Características de las tierras altas y comarcas indígenas	Estudios geográficos, informes de búsqueda	Desafíos: accesibilidad, señales GPS, deslizamientos
	4.3 Ecosistema Costero/Manglar	Áreas litorales, manglares, zonas inundables, dinámicas de mareas, suelos salinos.	Características de costas del Pacífico y Caribe, archipiélagos	Literatura costera, informes ambientales	Desafíos: búsqueda en agua, erosión, sedimentación

Categoría	Subcategoría	Definición	Unidad de Análisis	Fuente de Información	Criterios de Inclusión
5. Factores Intervinientes	4.4 Ecosistema Urbano (Ciudad de Panamá, ciudades intermedias)	Zonas densamente pobladas, infraestructura vial, edificaciones, cámaras de seguridad, alta cobertura digital.	Características de entornos urbanos y su infraestructura tecnológica	Planes urbanos, informes de seguridad	Oportunidades: redes sociales, geolocalización, cámaras
	5.1 Factores Institucionales	Capacidad del Estado (IMELCF, Policía, Ministerio Público) para implementar tecnología.	Análisis de presupuesto, personal especializado, protocolos	Informes institucionales, diagnósticos forenses	Debilidades: falta de recursos, coordinación, burocracia
	5.2 Calidad y Disponibilidad de Datos	Estado de la cartografía nacional, registros de desaparecidos, bases de datos forenses.	Evaluación de precisión cartográfica, actualización, estandarización	Documentos técnicos, artículos sobre SIG en Panamá	Desafíos: datos desactualizados, falta de unificación
	5.3 Factores Socio-culturales	Participación de familiares, confianza en instituciones, conocimiento local.	Análisis de relación Estado-familias, búsquedas independientes	Testimonios, informes de organizaciones de víctimas	Importancia de información ante mortem y saberes locales
	5.4 Marco Normativo y Legal	Existencia de leyes, protocolos y convenios internacionales que respaldan el uso tecnológico.	Análisis de Ley 230 (Alerta Amber), Código Penal, convenciones ratificadas	Gaceta oficial, documentos legales	Imprescriptibilidad, cooperación internacional
	6.1 Indicadores Temporales	Métricas relacionadas con la reducción de tiempos en los procesos de búsqueda.	Datos cuantitativos sobre tiempo de localización, activación de alertas	Estudios de caso, informes institucionales	Porcentajes de reducción, comparativas
6. Indicadores de Eficiencia	6.2 Indicadores Espaciales	Métricas sobre precisión y cobertura geográfica de las búsquedas.	Datos sobre reducción de áreas, error de georreferenciación (metros)	Publicaciones técnicas, informes forenses	Precisión posicional, área descartada (%)
	6.3 Indicadores Operativos	Métricas sobre optimización de recursos y éxito en localización.	Tasa de localización, costo por búsqueda, personal requerido	Estadísticas institucionales, literatura comparada	Eficiencia costo-beneficio