



Capítulo 17



Interpretar a la naturaleza para encontrar a quienes nos faltan: integración de un estudio multidisciplinario y perspectivas

Tunuari Roberto Chávez González¹, Enrique José Jardel Peláez² y Sergio Alberto Quezada Godínez³
Contribución arbitrada

La ciencia es el reflejo de la persona en el espejo de la naturaleza.
Wolfgang Pauli

Introducción

En un mundo plagado de conflictos armados, represión ejercida por instituciones policiacas o militares del Estado, grupos paramilitares y acciones del crimen organizado, la desaparición de personas ha alcanzado proporciones inconcebibles en una época que se ha jactado de civilizada. Como en ningún momento de la historia, la denuncia y registro de personas desaparecidas y el descubrimiento de inhumaciones clandestinas se ha vuelto un asunto lamentablemente común. Familiares de personas desaparecidas, organizaciones humanitarias, instituciones encargadas de velar por los derechos humanos y dependencias gubernamentales responsables del ejercicio de la ley, se enfrentan a la difícil tarea de localizar las tumbas y lugares donde han sido enterradas esas personas.

Desde hace casi dos décadas se comenzó a visibilizar el fenómeno de la desaparición de personas; desde entonces, la localización de fosas clandestinas o inhumaciones ilegales ha

-
- 1 Director del área de Análisis y Contexto de la Comisión de Búsqueda de Personas del Estado de Jalisco.
 - 2 Profesor-investigador titular “C” del Departamento de Ecología y Recursos Naturales y Director de la División de Desarrollo Regional del Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara.
 - 3 Analista contextual de la Comisión de Búsqueda de Personas del Estado de Jalisco.

crecido a la par. Los datos son inquietantes. En el estudio realizado por Guillén et al., (2018) se reporta que en el año de 2006 se localizaron 10 inhumaciones ilegales en los municipios michoacanos de Uruapan y Apatzingán, siete en el primero y tres en el segundo, encontrándose un total de 27 víctimas. Para el año siguiente, señala el trabajo citado, la localización de fosas se extendió a Sonora, Chihuahua, San Luis Potosí y Aguascalientes y, para el decenio 2006-2016, las autoridades estatales y federales reportaron, respectivamente, el hallazgo de 1,978 y 232 fosas clandestinas. En octubre de 2022, la Secretaría de Gobernación (SEGOB) daba a conocer el Registro Nacional de Fosas Clandestinas y Cuerpos Exhumados; los datos oficiales sumaban un total de 2,386 fosas clandestinas y 4,180 cuerpos exhumados (Escobar, 2022).

En el estado de Jalisco, entre diciembre de 2018 y junio de 2024, se han recuperado de fosas clandestinas a 1,769 personas en 158 sitios de inhumación ilegal, de las cuales se ha identificado a 937 (Fiscalía del Estado, 2024).

La existencia de una fosa clandestina implica la intención de ocultar un hecho ilegal y violatorio de los derechos humanos que conlleva la desaparición de las víctimas, personas a quienes, además de haber sido privadas ilegalmente de su libertad y la vida, se les niega dar a conocer su paradero, encubriéndolo, mientras que a sus familiares y deudos se les priva de saber que ha sido de esas personas que les faltan. Más aún, la inhumación ilegal, sostiene Robben (2015), representa la negativa de “significados espirituales, religiosos y políticos sobre la muerte y resurrección, destruyen identidades individuales y colectivas dentro de la mezcolanza de restos humanos, e impiden o suspenden el rito del entierro y el recuerdo duradero”(p. 58).

Los trabajos reunidos en este libro representan un esfuerzo multidisciplinario para aplicar métodos y técnicas de la ciencia que, potencialmente, pueden ayudar en la tarea de búsqueda de personas desaparecidas mediante la detección de fosas clandestinas. Personas científicas que realizan investigación en distintas disciplinas, y que quizá nunca pensaron en aplicar sus conocimientos a una tarea como esta, se reunieron para explorar diferentes aproximaciones metodológicas que pueden servir para la búsqueda y detección de inhumaciones ilegales.

En este capítulo se discuten aspectos conceptuales que dieron origen al estudio. Se presenta también una breve revisión del campo de aplicación forense de ciencias como la geofísica, la botánica, la entomología y la ecología del paisaje, seguida de una discusión sobre los principales hallazgos del conjunto de estudios reportados en el libro, tratando de ofrecer una mirada integradora y, derivado de esto, se analizan las perspectivas de nuevos estudios que



puedan servir para una aplicación más efectiva de métodos de localización de inhumaciones clandestinas y personas desaparecidas.

Concepción del estudio

¿Desde dónde pensamos y abordamos el problema que es el eje de los estudios que integran este libro? ¿Cómo abordamos la cuestión? Como dice el título, se trata de interpretar elementos de la naturaleza, esto es, factores del medio físico como el relieve, el suelo, las rocas, el clima, las plantas, los insectos y el paisaje, usando la variación de sus atributos y propiedades como indicios o pistas, desde una perspectiva multidisciplinaria que se integra desde la perspectiva integradora de las ciencias ambientales.

El punto de partida es que la búsqueda de personas es una obligación de los Estados para tomar medidas de cualquier índole que sirvan para prevenir, atender y erradicar la desaparición de personas, así como para generar la información necesaria para restituir la identidad de las víctimas y localizar su paradero.

Esta obligación del Estado coincide con la realidad de que algunas personas que habitamos esta sociedad reconocemos un estado de guerra no convencional, en el sentido de que no existen bandos definidos, ni intereses delimitados, sólo las expresiones más recrudescidas de las relaciones sociales capitalistas; mismas que se manifiestan desde la catástrofe de la desaparición de personas. Si bien nuestra relación con la posibilidad de desaparecer es distinta⁴, la exposición a ella es transversal, por lo que habitamos emociones que de ella se derivan — miedo, incertidumbre, rabia, indignación, por mencionar algunas—. De ahí la certeza de que no existe una escisión manifiesta entre quiénes somos y lo que queremos conocer, es decir, personas que se saben en posibilidad de desaparecer y/o que tienen personas desaparecidas, y que, por lo tanto, necesitan estrategias colectivas para encontrarlas; más aún, para entender por qué desaparecen personas y cómo evitar que suceda.

El problema eje de los estudios realizados es complejo y en él intervienen dimensiones sociales que constituyen un contexto multidimensional del abordaje de la cuestión. E. Morin

4 Esa relación diferenciada remite a los elementos que configuran nuestro sujeto histórico-social: tales como género, etnia, oficio, entre otros.



(1981) propone que para atender de manera compleja algún fenómeno social es necesario pensar desde una perspectiva cíclica que integre los aspectos físicos, biológicos y antroposociológicos. Si bien no se pretende afirmar que nos desenvolvemos en un actuar que piense la realidad social desde todas las aristas que la integran, sí afirmamos que esta realidad nos exige su abordaje e interpretación desde acercamientos ligados a distintas disciplinas — aparentemente desligadas— para la conformación de metodologías contingentes a lo que queremos conocer. Es desde esa reflexión que se pensó la confección de un libro como el presente y las propuestas metodológicas que lo integran.

Las ciencias ambientales —aunque el concepto es difuso y es un costal grande que engloba a un amplio conjunto de disciplinas que no necesariamente han logrado una integración transdisciplinar— nos ofrecen, al menos, la confluencia de distintos saberes en torno al concepto de ambiente. Ha corrido mucha tinta en discusiones teóricas acerca del significado del término “ambiente” o “medio ambiente”.⁵ Desde una perspectiva sistémica, ambiente es una palabra que expresa una relación: las interacciones recíprocas entre una entidad u organización en el cual se centra nuestra atención, con un conjunto de factores de su entorno. En ecología de poblaciones, por ejemplo, el ambiente es el conjunto de factores que influyen en la distribución y abundancia de un conjunto de organismos de una misma especie y que influyen en su sobrevivencia y reproducción, considerando que la población en cuestión también puede influir en las condiciones de su entorno (Andrewartha & Birch, 1954). El concepto de ambiente se aplica más o menos con el mismo sentido a poblaciones o comunidades humanas, aunque en este caso a los factores físicos, químicos y biológicos del entorno se integran las interacciones sociales —con sus dimensiones culturales, político-institucionales, económicas, demográficas e históricas— y los elementos del ambiente construido o transformado por la misma acción humana (Jardel et al., 2013).

5 “Medio ambiente” es en realidad un pleonismo que fusiona dos palabras, el medio que rodea o en el que se encuentra algo y el conjunto de factores que lo rodean y con los cuales ese algo interactúa. Sobre la discusión del concepto de ambiente véase, por ejemplo, Morales (2017), quien aborda los aspectos epistemológicos, éticos, ontológicos, metafísicos, así como la coodificación lingüística y los paradigmas de dicho concepto, y Giannuzzo (2010), quien plantea a las ciencias que estudian al ambiente como “el conjunto de conocimientos y metodologías, provenientes de múltiples disciplinas, integrados con el objeto de comprender, predecir y accionar sobre las interrelaciones de las poblaciones humanas en su devenir histórico, social, cultural y tecnológico con la naturaleza y su evolución dinámica intrínseca” (p. 152).

Un concepto estrechamente ligado al de ambiente es el de paisaje, que en geografía y ecología se refiere al conjunto de atributos o elementos que se pueden observar en la superficie de un territorio, cuyos patrones espaciotemporales e interrelaciones permiten explicar procesos biogeofísicos o ecosistémicos, así como la influencia en estos de factores antropogénicos (González-Bernáldez, 1980; Naveh & Lieberman, 1990). El concepto geoecológico de paisaje se relaciona con la interpretación del entorno, gesto que ha acompañado a la humanidad desde sus orígenes en su proceso de adaptación cultural a diferentes condiciones ecológicas, como lo demuestran los estudios de la etnoecología del paisaje (Johnson & Hunn, 2012).

La gente observa, interpreta y nombra los componentes de su entorno —formas del relieve, zonas con distintos climas, tipos de suelo, vegetación en distintos estadios de la sucesión ecológica, áreas con diferente potencial de aprovechamiento de los recursos naturales—. Quienes realizan la investigación forense para reunir evidencias que puedan ser usadas en un proceso jurídico o que interpretan indicios geofísicos o ecológicos para detectar la probable ubicación de inhumaciones clandestinas, lo hacen a través de la interpretación de atributos del paisaje, a diferentes escalas (véase la siguiente sección). Algo similar es lo que hacen los colectivos de buscadoras de personas desaparecidas⁶.

Los conceptos de ambiente y paisaje forman parte del marco conceptual del conjunto de estudios, cuyos hallazgos preliminares se reportan en este libro; su integración metodológica es todavía una tarea pendiente, pero en este capítulo se plantean algunas ideas para avanzar en ese sentido. Los trabajos realizados representan un primer paso para dirigir la mirada al ambiente y el paisaje, enfatizando en que estos contienen información relevante cuya interpretación es crucial para encontrar a quienes desaparecieron tras ser inhumados de manera ilegal en una fosa.

Antecedentes

Desde hace tiempo diversas disciplinas científicas han contribuido a la investigación forense aportando evidencias que son utilizadas en procesos legales. El propósito ha sido localizar,

6

Véase el apartado de Madres Buscadoras y Ciencia Ciudadana de este libro.



identificar y catalogar evidencia física que pueda conducir la investigación sobre crímenes y obtener pruebas para juicios penales (Canter, 2003). En esta tarea, estamos ante escenarios que demandan el empleo de distintos saberes para descifrar observaciones que permitan encontrar personas desaparecidas con independencia de la persecución del perpetrador, a partir de datos que a veces parecen insignificantes, relacionados con una realidad compleja que no ha sido directamente experimentada.

Veamos por ejemplo un antiguo cuento oriental al que se refiere Ginzburg (2013). Tres hermanos se encuentran con un hombre que ha perdido su camello y, cuando este les pregunta por él, se lo describen perfectamente: es blanco, tuerto y cargaba dos garrafas, una llena de vino y la otra de aceite. El hombre, esperanzado, les pregunta que dónde lo vieron, a lo que los hermanos le responden que en realidad jamás lo han visto. El hombre los acusa de robo y los lleva a juicio, pero ellos prueban su inocencia demostrando cómo, a través de mínimos indicios —huellas, pelos y estiércol del camello, gotas de aceite y vino derramadas a ambos lados de la vera del camino— pudieron reconstruir el aspecto del animal y su carga que, efectivamente, jamás habían visto. Relatos, novelas y series televisivas muestran historias detectivescas parecidas, pero hacen parecer que la cuestión es más simple de lo que en realidad es. En la vida real ¿qué se necesita para encontrar los indicios que nos permiten reconstruir algo que no atestiguamos?, ¿cómo identificamos que esos indicios no son producto del azar, sino que están relacionados con lo que buscamos?, ¿cómo interpretamos los hallazgos que, por ejemplo, este libro concentra en sus diferentes capítulos?

Para buscar indicios y describir procesos que ocurren en un entorno particular, natural o transformado, hay que contar con un sistema de referencia que nos permita representar, por mediación de conceptos o fórmulas, lo que la persona percibe de la realidad física. En ese tenor, Morin (1981) se planteó la necesidad de reflexionar en torno al acto de la abstracción/representación que las ciencias “duras” nos otorgan, aunque hay que aclarar que la información expresada en cifras no es necesariamente “dura” —puede ser bastante blanda o débil— y que la cuestión esencial es que sea válida en función de los métodos empleados para obtenerla y analizarla.

En la investigación forense se han empleado múltiples aproximaciones técnicas y metodológicas desarrolladas por distintas disciplinas, desde los estudios geofísicos del territorio y la prospección minera, hasta la ecología del paisaje. La biología y la ecología, por ejemplo,



han contribuido a las ciencias forense en áreas como la identificación de víctimas y personas sospechosas basada en pruebas genéticas de ADN, o la aplicación de la entomología forense para determinar el tiempo desde la muerte de una persona a través de la sucesión de larvas de diferentes especies de insectos durante el proceso de descomposición de un cadáver; también, se han hecho aplicaciones de la ecología de la descomposición de la materia orgánica, que es uno de los procesos ecosistémicos fundamentales (Tomberlin et al., 2011).

Además de la entomología forense (Byrd & Castner, 2009), se han empleado técnicas de ecología vegetal, botánica y palinología para estimar el tiempo transcurrido desde el entierro de cuerpos, relacionar personas sospechosas con la escena del crimen o diferenciar el lugar de la muerte del sitio de entierro por medio de restos vegetales, polen y esporas de plantas y hongos, o la interpretación de los ensamblajes de polen a partir de información de referencia sobre la distribución y composición de las comunidades de plantas en el paisaje (Kasprzyk, 2023).

La investigación para la detección y la localización de inhumaciones clandestinas plantea problemas diferentes a los de la investigación de evidencias forenses. En primer lugar, se trata de ubicar, en áreas relativamente extensas, sitios donde puedan encontrarse tumbas individuales o masivas. Uno de los principales retos es detectar evidencia que se encuentra bajo la superficie del terreno. La búsqueda no solo consume tiempo, sino que requiere de medios técnicos, presupuesto y personal que generalmente son escasos; además, los resultados obtenidos pueden ser muy pobres y frustrantes. Debido a esto se han probado varias técnicas que puedan ser costo-efectivas y más confiables, incluyendo sensores térmicos, electromagnéticos, señales de radar que penetran el suelo y análisis de percepción remota (Davenport, 2001). Técnicas de la ecología vegetal (Kasprzyk, 2023; Morabito & Somma, 2023; Wiltshire, 2009) y la entomología (Byrd & Sutton, 2023) han sido empleadas también para localizar inhumaciones clandestinas.

Diversas disciplinas se han desarrollado para la investigación forense y, en particular, para la localización de fosas clandestinas (Canter, 2003; Somma et al., 2023) encontramos ahora ejemplos de diversas aplicaciones de las geociencias (Donnelly & Harrison 2013; Donnelly et al., 2021; Fitzpatrick & Donnelly, 2021; Pringle et al., 2012; Ruffell, 2010), como la geología forense (Tindall, 1994), junto con el desarrollo de aplicaciones de sistemas de información geográfica (Elmes et al., 2014) y de métodos de percepción remota con imágenes espectrales

(Davenport, 2001; Kalacska & Bell, 2006). Puede decirse que el crecimiento en el número de estudios reportados en la literatura científica y los avances logrados en estas disciplinas son, lamentablemente, una muestra de la brutalidad de estos tiempos que hace necesaria la investigación y el desarrollo tecnológico para localizar los restos de personas que han sido víctimas de desapariciones y asesinatos.

En la detección de fosas clandestinas es conveniente diferenciar entre dos tareas que están estrechamente relacionadas, pero que son distintas: (1) el desarrollo de métodos de localización de sitios donde, potencialmente, se encuentran inhumaciones en territorios extensos, y (2) los métodos para encontrar dentro de un sitio el lugar preciso donde se localizan tumbas o entierros en una localidad que ya ha sido ubicada por algún medio (por ejemplo, información de testigos, confesiones de perpetradores de asesinatos, o estudios del territorio). En los trabajos a los que se refieren los capítulos de este libro se ha seguido el segundo enfoque, explorando la aplicación de distintas técnicas en dos sitios experimentales.

Históricamente, los testimonios han sido empleados para determinar la probable localización de fosas. Una vez que han sido ubicados los sitios, estos han sido explorados empleando, con cierto éxito, métodos como la resistividad geofísica del terreno, magnetometría y señales de radares de penetración terrestre. Sin embargo, estos métodos requieren que el lugar, donde posiblemente hay entierros, haya sido previamente localizado con cierta precisión y que el personal pueda explorarlo en el terreno con seguridad para realizar mediciones y toma de datos. Dadas estas condiciones, se ha propuesto el uso de técnicas de percepción remota con imágenes multi o hiperespectrales, adquiridas mediante satélites, aeronaves tripuladas o drones, que pueden servir para reconocer cambios sutiles en la reflectancia de la superficie del terreno, lo que puede ser una poderosa herramienta de detección para discriminar una inhumación masiva del terreno circundante en tiempo real o retrospectivamente (Kalacska & Bell, 2006).

En la búsqueda de entierros clandestinos se han empleado también los principios y técnicas de la tafonomía (del griego *taphos*, entierro), una disciplina que estudia la formación de yacimientos fósiles y que se deriva de estudios paleontológicos y arqueológicos que combinan métodos de la ecología, geoquímica y sedimentología, entre otros (Kalacska & Bell, 2006).

Cambios en el medio por procesos de excavación y recubrimiento, así como factores derivados de la descomposición y transformación de cadáveres, alteran el entorno de manera que pueden ser detectados en la investigación. Estos cambios ambientales pueden

ser observados directamente o con ayuda de instrumentos, para interpretar la variación en la estratigrafía subterránea, la microtopografía, la existencia de anomalías en la superficie como montículos o depresiones del terreno, alteraciones de la estructura y color del suelo, restos de hojas y ramas parcialmente cubiertos de tierra, o discontinuidades en la composición y estructura de la vegetación y presencia de entomofauna asociada a la descomposición de cadáveres (Kalacska & Bell, 2006). Las plantas son una fuente de evidencia biológica forense debido a su ubicuidad y sensibilidad a las alteraciones ambientales, de modo que cambios en la composición y estructura de la vegetación pueden ser indicadores útiles para la prospección y localización de inhumaciones ilegales (Kasprzyk, 2023).

La capacidad de detección de cambios en los factores señalados en el párrafo anterior depende de las técnicas de estudio, pero también pueden depender de los instrumentos utilizados en la excavación de las tumbas y su profundidad. Además, debe considerarse que los indicios cambian con el tiempo y que el camuflaje de los entierros puede entorpecer su detección, pero también generar evidencias (Kalacska & Bell, 2006).

En la ausencia de indicadores en la superficie, dependencias judiciales y organizaciones humanitarias se enfrentan a la difícil tarea de realizar búsquedas en áreas extensas. Somma et al. (2023), señalan que en Italia muchos de los entierros clandestinos se han encontrado fortuitamente por paseantes o gracias a testigos, informantes o confesiones de los perpetradores, y que el éxito limitado del uso de técnicas geofísicas ha llevado a las autoridades responsables de la aplicación de la ley a desestimar su empleo. Sin embargo, varios estudios muestran su potencial así como sus limitaciones.

Berezowski et al. (2020), han hecho una revisión de varias técnicas geomáticas en la reconstrucción de escenas de crímenes, empleando estaciones topográficas totales, fotogrametría, escáners láser, radares de penetración terrestre, entre otras. En un estudio experimental Rufell et al. (2003), combinaron la percepción remota con sensores montados en drones, técnicas de geofísica y perros de búsqueda. Se ha experimentado con éxito el uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) equipados con sensores termales para la detección de entierros en masa en Kuwait, evaluando la variación de la temperatura y humedad del suelo superficial en sitios con entierros simulados con ovejas (Alawadhi et al., 2023).

Las estrategias más utilizadas en la búsqueda de inhumaciones clandestinas han sido recorridos sobre el terreno haciendo observaciones visuales por personal policiaco o de



protección civil, personas voluntarias, uso de perros entrenados y excavaciones; pero también se han usado instrumentos geofísicos, reconocimiento aéreo con drones y uso de imágenes espectrales de alta resolución o de imágenes LiDAR (*Light Detection And Ranging*) (Kalacska & Bell, 2006).

Resulta importante mencionar que, independientemente del uso de técnicas sofisticadas para la detección de inhumaciones clandestinas, los colectivos de búsqueda de personas desaparecidas han utilizado testimonios o pistas de posibles ubicaciones de fosas, que son exploradas usando indicios visuales y técnicas sencillas, como la varilla “T” que han empleado los edafólogos, para luego excavar en los puntos donde es posible encontrar una tumba, como se relata en el capítulo “Interpretando señales en la naturaleza: los saberes de mujeres buscadoras influenciando las prácticas de búsqueda en Jalisco”, sobre los saberes de madres buscadoras, que han influenciado las prácticas de búsqueda en Jalisco. En otro capítulo de este libro: “Las madres buscadoras hacen ciencia ciudadana”, se explica cómo los procedimientos empleados por los colectivos de personas buscadoras cumplen con criterios que, en el ámbito internacional, han servido para definir el concepto de ciencia ciudadana. Los procedimientos empleados por tales colectivos demuestran que se requiere una mejor coordinación entre las autoridades gubernamentales y estas iniciativas que, además de su función complementaria como “observatorios ciudadanos”, han demostrado su valor aumentando el número de fosas clandestinas encontradas, induciendo la realización de investigaciones científicas forenses de las cuales este libro es un ejemplo, así como impulsando enfoques innovadores y fomentado el desarrollo de nuevas políticas públicas, dependencias de gobierno y legislación en materia de personas desaparecidas.

Los resultados del estudio

Los hallazgos de los experimentos en fosas simuladas con la inhumación de porcinos —bajo distintos tratamientos que replican las formas más usuales de entierros encontrados en la localización de personas desaparecidas en fosas clandestinas— realizados en dos localidades, Tonalá (Polígono 1) y Tlajomulco de Zúñiga (Polígono 2), muestran resultados prometedores, si bien no definitivos.

El capítulo que aborda las condiciones climato-metereológicas: **“Sentir el viento y mirar al cielo para encontrarte en tierra: la lectura de condiciones climato-metereológicas y de otros aspectos naturales como herramienta para la búsqueda en campo y la identificación de personas desaparecidas”**, destaca la importancia de identificar las características de las condiciones climatológicas, metereológicas, hidrológicas, edáficas y en cuerpos de agua cercanos, para emplear indicadores del entorno natural que puedan ser útiles para las labores de búsqueda.

En el capítulo **“Observación forense experimental utilizando técnicas de prospección geofísica de alta resolución”**, se aplicaron los métodos de Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) y, de forma inédita, Tomografía de Interferometría de Ruido Sísmico Ambiental (TIRSA), para determinar la distribución de suelo perturbado a profundidad. Al analizar el cambio de propiedades físicas del suelo, se logró detectar la posición de las fosas, más no su geometría. Se consiguió asociar la ubicación de las inhumaciones a través de anomalías conductoras. En la discusión, este capítulo hace énfasis en la importancia de analizar las características del objetivo buscado —profundidad, contexto de inhumación, dimensiones, posible presencia de metales, entre otras— y del sitio en el que se realiza la búsqueda —accesibilidad, tipo de suelo, época del año, medio en el que se encuentre, clima (tiempo), entre otras— para la selección del método más adecuado. Los resultados tienen implicaciones prácticas inmediatas en la detección de fosas y abren nuevas oportunidades para la aplicación de técnicas geofísicas en el ámbito forense.

El capítulo **“Reflejos de una búsqueda: el uso del Radar de Penetración Terrestre (GPR) para la detección de inhumaciones clandestinas”**, se describe cómo en el Polígono 1 del estudio se efectuó un levantamiento con Radar de Penetración Terrestre (GPR, por sus siglas en inglés) y una antena de 450 MHz, para analizar el comportamiento electromagnético, a 10 meses de la inhumación. Se identificó la existencia de tres estratos o profundidades de actividad electromagnética, desde la superficie hasta los 2.9 m de profundidad. Se encontró que 88 % de las fosas coinciden con la ubicación exacta de reflexiones de radiación electromagnética.

El hallazgo se encuentra presumiblemente ligado a la remoción de tierra, más que a la descomposición de los porcinos. Las personas autoras discuten que el análisis debe replicarse con nuevas frecuencias de antena y también con una profundidad mayor a la descriptiva, que cuente con un levantamiento previo y varios periodos de forma para que existan elementos de comparación a lo largo de un periodo amplio de tiempo.

La literatura existente respecto a análisis de geofísica forense se refiere a experimentos que se han extendido hasta por seis años. Se descubrió que el GPR presenta complicaciones de lectura en suelos arcillosos, como los del Polígono 1, y se sugiere que debe estudiarse el comportamiento del instrumento en distintos tipos de suelos. La réplica de fosas con varios cuerpos inhumados podría corroborar o descartar que la información electromagnética es relevante a partir de la remoción del suelo y no por la descomposición por sí misma.

El GPR mostró que el 56 % de los reflejos expresaron una sutil curvatura al detectar los objetos de interés, lo cual coincide con resultados de estudios previos; sin embargo, las personas autoras destacan que la misma situación se presentó para el caso de una de las fosas de control, por lo que concluyen la probable relación de los resultados con elementos asociados a la remoción de tierra, al menos en el caso de inhumaciones pequeñas. Por lo tanto, se sugiere que en contextos de múltiples víctimas, donde hay una mayor dimensión de los cuerpos, los cambios asociados a su descomposición podrían registrar cambios geofísicos perceptibles. Aunado a ello, las condiciones deseables para el éxito de la detección, como suelos con poca o nula presencia de arcilla húmeda, cadáveres que tengan al menos medio año de descomposición, requieren que también se conozcan las características del suelo a prospectar. Se sugiere la aplicación de esta técnica en ciertos sitios que, efectivamente, cumplen con las características deseables; por ejemplo, casas de seguridad con sitios de inhumación clandestina en contextos urbanos.

En el capítulo **“Morfología del terreno mediante fotogrametría con drones: oportunidades y limitaciones para la detección de fosas clandestinas”**, se encontró que esta técnica para tomar dimensiones topográficas utilizando imágenes tomadas desde diferentes ángulos permite realizar mediciones para detectar cambios en la superficie del terreno, especialmente hundimientos o compactaciones en los sitios con fosas.

Las inhumaciones que presentaron depresiones fueron las que contenían cuerpos completos o seccionados, en cualquier profundidad, o bien en las que, independientemente del tratamiento del cuerpo, se efectuaron a una profundidad de 0.75 m. En contraste, en las fosas de porcinos envueltos con cobija, se registró un incremento en el nivel del terreno, presumiblemente ligado al crecimiento de la vegetación que, a su vez, acumuló suelo. Resulta relevante considerar la posibilidad de que el tránsito frecuente de las personas que trabajaron en la preparación del experimento, compactara la superficie sin fosas, factor que pudiese afectar

los resultados; en ese sentido, se considera la importancia de profundizar la investigación en un ambiente con menor perturbación, o bien, reproducir condiciones que ocurren durante los enterramientos clandestinos.

En el capítulo **“Diseño y aplicación de índices espectrales para la detección de fosas clandestinas”**, el objetivo del estudio fue describir cambios observables con imágenes espectrales de alta resolución espacial y seleccionar índices óptimos o aproximados del espectro luminoso —o del color— que se detecta en las imágenes capturadas con drones o satélites y que podrían interpretarse como indicios de fosas clandestinas. Las tonalidades esperadas derivan de cambios anómalos en los pigmentos de la vegetación. Se confirmó la viabilidad de estas técnicas para la detección de cinco de las siete formas de inhumación probadas: cuerpo completo, cuerpo seccionado, reducción esquelética, cuerpo envuelto en cobija y cuerpo con cal. De los cinco tipos de inhumación detectables, cuatro podrían ser visualizables de manera efectiva a través de sensores multispectrales y, de esos, sólo tres podrían detectarse mediante cámaras limitadas al rango visible-infrarrojo cercano. Existen inhumaciones que no fueron detectadas (porcinos envueltos en bolsa de plástico y cuerpos calcinados) en el margen analizado. Es necesario ampliar la ventana temporal de análisis para comprender el comportamiento de esas variables. Lo anterior resulta bastante prometedor para la investigación a futuro, ya que se contará de antemano con los índices ideales específicos conforme a las características de los distintos tratamientos en los sitios de inhumación. Se destaca que no existe una cámara habilitada para la detección óptima de los distintos tipos de inhumación, por lo que se sugiere contemplar el uso de varias cámaras y tipos de imágenes satelitales.

El uso de imágenes termográficas tomadas con cámaras montadas en drones en la búsqueda de fosas clandestinas fue objeto del estudio que se reporta en el capítulo **“El calor de las personas que nos faltan: búsqueda de fosas clandestinas con apoyo de drones equipados con cámara termográfica”**. En este caso la diferencia normalizada de imágenes térmicas capturadas en distintos momentos del día fue utilizada para la detección remota de fosas clandestinas. En el Polígono 1 se detectaron cadáveres completos, seccionados, con cal, embolsados, con cobija, calcinados y en reducción esquelética; el área está caracterizada por su escasa vegetación. La diferencia normalizada de la termografía fue más significativa en las fosas con menor profundidad. En el Polígono 2, donde la cobertura vegetal fue más

densa y las condiciones más húmedas, no se observan las divergencias térmicas de las fosas. Se encontró que los registros nocturnos fueron los más efectivos para registrar diferencias térmicas. Partiendo de estas observaciones, se discuten los desafíos que presenta la técnica utilizada, en particular, los efectos de la variación en la densidad de la cobertura vegetal y las propiedades del suelo, tanto en prospecciones nocturnas como diurnas.

“Desenterrando la verdad: análisis de cambios en la firma química y características del suelo en sitios de inhumación clandestina”, fue un estudio basado en muestreos periódicos del suelo para determinar cambios en el pH y en concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio, luego del depósito de los porcinos en las fosas. En el Polígono 1 se observaron incrementos en los valores de las variables. También, en los métodos secos de inhumación se encontraron índices de humedad más bajos. Respecto a la compactación, en el Polígono 1 se detectaron cambios en la continuidad de la roca existente, pero no depresiones sobre las fosas. En contraste, en el Polígono 2 sí se detectaron hundimientos sobre las inhumaciones. En la discusión se reconoce la complejidad de utilizar este tipo de análisis de suelos como herramienta de búsqueda de fosas clandestinas, debido a la variabilidad de la química de distintos suelos con condiciones particulares que no permiten establecer parámetros estándar de la concentración de nutrientes y pH. Se propone ahondar en estudios de suelos que analicen el ámbito físico, más que las propiedades químicas.

La investigación **“La vida después de la vida: botánica forense aplicada al estudio y detección de fosas clandestinas”** arrojó elementos exploratorios que permiten proyectar probables seguimientos. En ambos polígonos experimentales la principal familia botánica identificada fue Poaceae, a la que pertenecen los pastos (38.7 % en Polígono 1 y 30.6 % en Polígono 2). Su presencia es común en la vegetación de áreas abiertas; en los Polígonos 1 y 2, las especies pioneras representaron 77.42 % y 91.94 %, respectivamente. De modo que es indispensable un análisis a nivel de especie incluyendo indicadores de tamaño, abundancia, frecuencia o índice de valor de importancia para poder explorar relaciones que tengan valor como indicadoras; por ejemplo, que algunas especies sean favorecidas por la disponibilidad de nitrógeno u otros nutrientes del suelo derivados de la descomposición de los cadáveres. Para el Polígono 2, se registraron 16 especies de plantas vasculares que podrían estar respondiendo a variables como la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio, así como el pH del suelo, o bien, a cambios estructurales del suelo generados por la profundidad y remoción de la tierra

en las excavaciones. En el Polígono 1 no se encontró una correlación entre las especies de plantas y la descomposición de cuerpos que pueda ser sustentada a través de la estadística multivariada. En la discusión del capítulo se sugiere la continuidad del monitoreo y adecuación de los métodos de muestreo.

La aplicación de métodos de entomología forense ha demostrado su utilidad en la investigación legal (Byrd & Castner, 2009) y su potencial en la detección de inhumaciones clandestinas (Byrd & Sutton, 2023), pero su aplicación representa un reto en lugares con alta riqueza de especies (como sucede en la región intertropical), insuficiente conocimiento de las entomofaunas locales y falta de suficiente personal calificado y facilidades para su estudio. No obstante, el capítulo **“¿Quiénes son los primeros en detectar una inhumación clandestina? Entomología forense: los insectos y su relación con las fosas clandestinas”** es una contribución que aporta elementos para enfrentar estas dificultades. En el capítulo se destaca la importancia de caracterizar las condiciones de los sitios de prospección que constituyen indicadores de las condiciones del hábitat de los insectos. La detección de la presencia de ciertas especies puede aportar información para determinar el tiempo transcurrido desde la inhumación de los cuerpos y su posible localización. En principio Coleopteros (escarabajos) y Dipteros (moscas) son los organismos pioneros en la detección de materiales orgánicos o cadáveres, pero por sí sola su presencia no constituye una anomalía, sino la variación en su abundancia. En los sitios de estudio se encontraron 33 especies de escarabajos, moscas y mosquitos. Cuatro de las 4 familias registradas están relacionadas con ambientes de descomposición biológica (Calliphoridae, Cleridae, Dermestidae y Scarabaeidae) y otras cuatro familias no tienen antecedentes similares (Muscidae, Tachinidae, Carabidae y Chrysomelidae). En Jalisco se ha observado que la fauna cadavérica varía significativamente (López, 2022), lo que implica la necesidad de contar con un conocimiento profundo de la biodiversidad local y los patrones de sucesión ecológica de las comunidades de insectos. Por esta razón, la continuación de la colecta, preservación y categorización de entomofauna debe replicarse y profundizarse en diversos ambientes para precisar el conocimiento necesario para su aplicación en la detección de inhumaciones clandestinas.

El capítulo **“Análisis tafonómico comparativo experimental: la deposición y su relación con la estimación del intervalo post mortem”**, muestra que el tratamiento de los cuerpos inhumados afecta en forma significativa su proceso de descomposición. Esto se observó en el

caso de dos de los porcinos que fueron segmentados y enterrados en la misma fecha, pero uno en una bolsa de plástico (fosa 14) y el otro cubierto con cal (fosa 16). La fecha de exhumación también fue la misma, pero en el primer caso la bolsa plástica funcionó como medio de contención y conservación. El ejemplar que se depositó de forma directa pero cubierto de cal, continuó con el proceso natural de descomposición y reducción; la presencia de cal sólo influyó en la capa superior de la bóveda documentada. Si bien el proceso tafonómico está influenciado por múltiples factores, los resultados indican que es necesario realizar estudios complementarios. Las condiciones de deposición de un cuerpo cuando ha sido enterrado presentan un reto para la estimación certera del intervalo de tiempo transcurrido desde la inhumación. Esta estimación es útil para la investigación al proporcionar el dato de tiempo de muerte, ya que en sentido contrario facilita establecer criterios cronológicos de tiempo de vida.

Por último, el capítulo **“Simulación de fosas clandestinas como estrategia didáctica en la formación del científico forense: participación del estudiantado de la Licenciatura en Ciencias Forenses en el proyecto de vinculación entre la COBUPEJ y la Universidad de Guadalajara”**, resalta la relevancia de los experimentos realizados para la formación y capacitación de profesionales en técnicas y ciencias forenses y su vinculación con las instancias, tanto gubernamentales como no gubernamentales, relacionadas con la impartición de la justicia. La perspectiva multidisciplinar de los métodos y técnicas utilizadas en las diferentes etapas del proyecto tiene un importante valor didáctico, y experimentos como los realizados pueden generar beneficios para la capacitación de personal con un perfil más amplio en un área del conocimiento que está desarrollándose.

En resumen, el ensayo de distintos enfoques disciplinares y metodológicos permitió aprender acerca de sus ventajas, dificultades técnicas y limitaciones. En general, las técnicas de prospección geofísica, termográfica, topográfica y de espectrometría, mostraron resultados más consistentes que los estudios del suelo y las comunidades de plantas e insectos, que requieren ser complementados con estudios de referencia sobre los patrones de variación espaciotemporal de las condiciones ecológicas de sitios experimentales y áreas de búsqueda.

La experiencia obtenida en los diferentes estudios que integran este libro muestran que, como lo reporta la literatura sobre el tema, la detección de fosas clandestinas enfrenta dificultades metodológicas, técnicas y operativas. En la práctica, la prospección del terreno



para tratar de detectar inhumaciones clandestinas consume tiempo y medios económicos, por lo cual es importante continuar los esfuerzos para poner a prueba los distintos métodos y poder seleccionar aquellos que proporcionan información más confiable y costo-efectiva.

Perspectivas sobre estudios a escala regional

Los experimentos realizados en Tonalá y Tlajomulco de Zúñiga abordan uno de los aspectos de la búsqueda de inhumaciones clandestinas, que es la localización de fosas o entierros en localidades donde existen indicios fundamentados de su presencia. Como ya se mencionó, un escenario distinto —aunque relacionado— es el de la exploración de áreas extensas, a escala regional, para detectar lugares donde, potencialmente, puedan existir fosas clandestinas; una vez localizados, el siguiente paso es aplicar técnicas como las que se han explorado en los capítulos de este libro.

Los entierros clandestinos pueden hacerse en el campo o en construcciones. En ambos casos, el conocimiento de las características del entorno de los sitios es importante. En la búsqueda de estos sitios se han considerado tres cuestiones: (1) la apariencia o las condiciones físicas del terreno, (2) los factores de selección de sitios de inhumación, y (3) las técnicas de búsqueda in situ (Somma et al., 2023).

Características como la presencia de suelos donde es relativamente más fácil realizar una excavación, el ángulo de inclinación de las pendientes, condiciones geomorfológicas estables —por ejemplo, ausencia de laderas inestables donde pueden ocurrir deslizamientos de suelo o márgenes de cauces donde inundaciones pueden arrastrar sedimentos—, visibilidad de los sitios por las características de la vegetación o infraestructura, han sido consideradas en el uso de métodos de percepción remota y aplicaciones de sistemas de información geográfica para evaluar condiciones del terreno que representan áreas potenciales de entierros y priorizar los trabajos de búsqueda (Kalacska & Bell, 2006).

La selección de los sitios de inhumaciones clandestinas puede estar influida por las condiciones físicas y geográficas del terreno, mismas que condicionan la conducta de los perpetradores del crimen, de manera que hay traslape entre la geología forense y la elaboración de perfiles geográficos forenses, contruidos por psicólogos investigadores en colaboración



con geógrafos (Alegre-Mondragón & Silván-Cárdenas, 2024; Berezowski et al., 2022, Somma et al., 2023).

A escalas espaciales relativamente extensas, una posibilidad para la detección de inhumaciones clandestinas es aplicar métodos que han sido desarrollados en la geografía y la ecología del paisaje —o geoecología—. Lo anterior para determinar distintos aspectos, tales como la aptitud de uso del suelo (González-Bernáldez, 1980), la distribución potencial de especies y las condiciones de hábitat favorables a estas (Guizán et al., 2017; Hirzel et al., 2006; Mayor et al., 2009) o la caracterización de hábitat para planificar acciones de conservación (Jardel, 2015).

En estos métodos se utiliza información de mapas temáticos (cobertura vegetal y uso actual del suelo, zonas climáticas, geomorfología, litología superficial, edafología, entre otros) para clasificar unidades del paisaje que, potencialmente y bajo determinados criterios, representan condiciones adecuadas para ciertos usos del suelo o áreas ricas en biodiversidad, o bien, conservadas o con distinto grado de transformación antropogénica (González-Bernáldez, 1980; Jardel, 2015). Datos de la distribución actual de especies y su asociación con variables ambientales que describen las características de su hábitat, pueden servir para localizar otras áreas o hábitats en los que las especies de interés podrían encontrarse (Guizán et al., 2017; Hirzel et al., 2006; Mayor et al., 2009).⁷

Una aproximación similar podría servir para la ubicación de áreas donde, potencialmente, pueden encontrarse inhumaciones clandestinas. A partir de datos —como las condiciones topográficas, tipos de suelos, cobertura vegetal y uso del suelo, proximidad a asentamientos humanos y vías de comunicación, entre otros factores, de ubicaciones conocidas de fosas clandestinas— es posible analizar con medidas de asociación, correlación o concordancia, unidades del paisaje regional donde probablemente se podrían localizar nuevas fosas. Otra

7

Otras aplicaciones similares al modelaje de nicho ecológico o de la distribución potencial de especies, junto con estudios conductuales y perfiles de búsqueda basados en inteligencia artificial se han desarrollado para fines militares, de “inteligencia” o de represión (véase, por ejemplo, Gillespie et al., 2009), en las cuáles se utilizan recursos tecnológicos muy superiores y mucho más costosos de los que podrían disponer quienes se dedican a realizar cosas tales como estudios para la conservación de la biodiversidad o a la búsqueda de personas desaparecidas (un ejemplo de la irracionalidad y la barbarie de estos tiempos). Desde luego, con toda su sofisticación técnica, esos métodos tienen sus fallas y en su aplicación en lugar de eliminar terroristas se bombardean escuelas (lo vemos a diario, lamentablemente, en casos como el de Palestina) y se desaparece a familias enteras. La tecnología de búsqueda podría ser empleada para usos más decentes y loables.

opción es utilizar datos de un conjunto de variables de las localidades conocidas y, mediante métodos de ordenación multivariada, identificar aquellas variables que mejor explican la localización de fosas, seleccionándolas como indicadoras para encontrar sitios donde podrían encontrarse nuevas fosas. A propósito de lo antes referido, se presenta un ejemplo relativamente sencillo pero ilustrativo.

Utilizando una base de datos de 73 fosas clandestinas (desde 2018 y hasta 2022) localizadas en los municipios del área metropolitana de Guadalajara (AMG) —estudiadas desde la Dirección de Análisis y Contexto de la Comisión de Búsqueda de Personas del Estado de Jalisco, con información de número de ID (que considera personas fallecidas, o bien, objetos que contienen segmentos de personas) encontradas en cada fosa, pendiente o ángulo de inclinación del terreno, tipo de suelo y uso del suelo (tomado de las cartas edafológicas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía) —, se hizo una categorización del tamaño de las fosas (clases de número de víctimas o ID por fosa) y una clasificación básica de unidades de paisaje (Tabla 1).

Los atributos de las unidades del paisaje considerados fueron: el uso actual del suelo de los sitios de localización de las fosas —en este caso, terrenos agrícolas, matorrales y pastizales secundarios establecidos en campos agrícolas en barbecho o en áreas boscosas perturbadas y zonas urbanizadas—, la inclinación de la pendiente y el tipo de suelo. Para los suelos en la clasificación de las unidades del paisaje se consideraron propiedades que pueden hacer más fácil o difícil una excavación. Por ejemplo, Feozem y Luvisol (este último se registro en un solo sitio) son suelos profundos, de textura media, relativamente suaves y fáciles de excavar; mientras que los Vertisoles son ricos en arcillas expansivas que se endurecen cuando están secos y son barrocos o lodosos cuando están húmedos; en ambas condiciones son más difíciles de excavar. Los Planosoles llegan a anegarse de agua durante la temporada lluviosa; los Regosoles son suelos de desarrollo incipiente sobre material parental no consolidado que es pedregoso o como cascajo; los Cambisoles son suelos forestales también con un perfil poco diferenciado, relativamente arcillosos y sobre material parental meteorizado, pero resistente a una excavación profunda. Los Litosoles son suelos en proceso de formación sobre roca consolidada, asociados en los sitios de las fosas con parches de Feozem como suelo secundario.



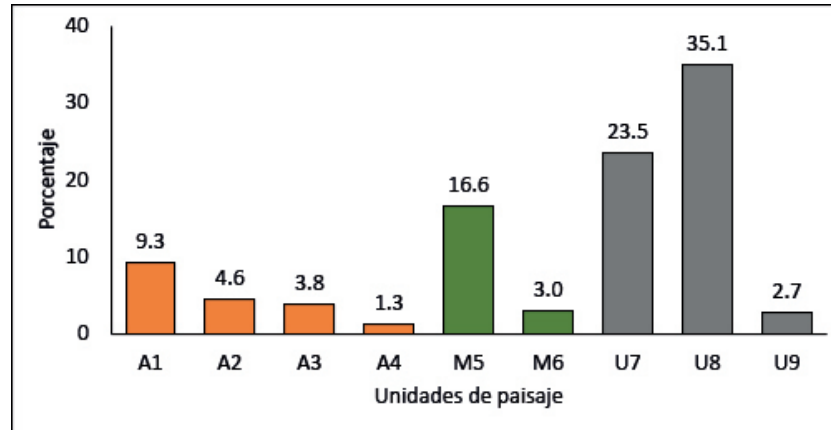
Tabla 1. Clasificación de unidades del paisaje (UP) en las que se han encontrado fosas clandestinas en el área metropolitana de Guadalajara

UP	Descripción
A1	Terrenos de cultivo agrícola, planos o semiplanos (<3°), con suelos profundos (Feozem, Luvisol*).
A2	Terrenos de cultivo agrícola, planos o semiplanos (3°), con suelos profundos arcillosos (Vertisol) .
A3	Terrenos de cultivo agrícola, planos a semiplanos (3-6°), con suelos inundables estacionalmente (Planosol).
A4	Terrenos de cultivo agrícola, ligeramente inclinados (<6°), con suelos someros pedregosos (Regosol),
M5	Matorrales y pastizales secundarios con, con pendiente moderada (6-18°) y suelos profundos (Vertisol, Feozem).
M6	Matorrales y pastizales secundarios, con pendiente moderada a fuerte (AP 18-30°) y suelos rocosos (Litosol/Feozem).
U7	Zonas urbanizadas sobre suelos profundos (Feozem, Vertisol), planos a semiplanos (<3°).
U8	Zonas urbanizadas sobre suelos forestales (Regosol, Cambisol), planos o semiplanos (<3°)
U9	Zonas urbanizadas sobre suelos pedregosos (Regosol) con pendientes moderadas a fuertes (18-30°)

Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión de Búsqueda de Personas del Estado de Jalisco.

Tabulando y graficando el número total de ID encontradas en fosas por unidad del paisaje (Figura 1), se encontró que el mayor porcentaje se localizó dentro de zonas urbanas en las unidades U8 con Regosol o Cambisol y U7 con Feozem o Vertisol, ambas en terrenos planos o semiplanos, y en la unidad A1 de terrenos agrícolas con Feozem. Las unidades M6 (terrenos con matorrales secundarios sobre Litosol y pendientes moderadas a fuertes), U9 (zonas urbanas sobre Regosol con pendientes moderadas a fuertes) y A4 (terrenos agrícolas ligeramente inclinados sobre Regosol), presentaron el menor número de víctimas por fosa. Estos datos indican una preferencia de los perpetradores de desapariciones de personas por enterrarlas en lugares más fáciles de excavar por sus condiciones de suelo y pendiente, y probablemente accesibles por caminos o brechas (un factor no considerado en el análisis).

Figura 1. Porcentaje del número de ID (n= 1022) encontradas en 73 fosas clandestinas del área metropolitana de Guadalajara, por las unidades del paisaje descritas en la Tabla 1



Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión de Búsqueda de Personas del Estado de Jalisco.

Para probar si existe una asociación estadísticamente significativa, esto es, mayor a la que podría deberse al azar, se elaboró una tabla de contingencia de dos entradas: unidades del paisaje en las filas y clases de número de víctimas por fosa en las columnas. Las celdas de la tabla de 9 unidades del paisaje por 5 clases de número de IDs, se llenaron con el número total de víctimas por clase-unidad de paisaje. Un valor de asociación estadística se calculó usando residuales de Pearson, calculados como los valores esperados menos los previstos, divididos entre la raíz cuadrada de los esperados (Everitt, 1992). Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Asociación (valores de residuales estandarizados de Pearson) de fosas clandestinas por categoría de tamaño con las unidades de paisaje descritas en el cuadro 1. Los valores en negritas indican asociación significativa para $p < 0.05$

Unidad de paisaje	Categoría de tamaño de las fosas (número de víctimas/fosa)				
	<10	11-30	31-60	61-90	>90
A1	-1.88	-1.71	-3.38	8.17	-3.41
A2	1.20	5.41	-2.38	-3.48	-2.40
A3	4.67	1.80	-2.17	-3.17	-2.18
A4	6.08	-1.92	-1.25	-1.83	-1.26
M5	-5.40	-1.02	-4.52	-6.63	22.85
M6	9.38	-2.96	-1.93	-2.83	-1.95
U7	-0.12	1.47	0.58	1.91	-5.42
U8	-3.59	-0.15	7.27	3.04	-6.63
U9	8.92	-2.81	-1.84	-2.69	-1.85

Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión de Búsqueda de Personas del Estado de Jalisco.

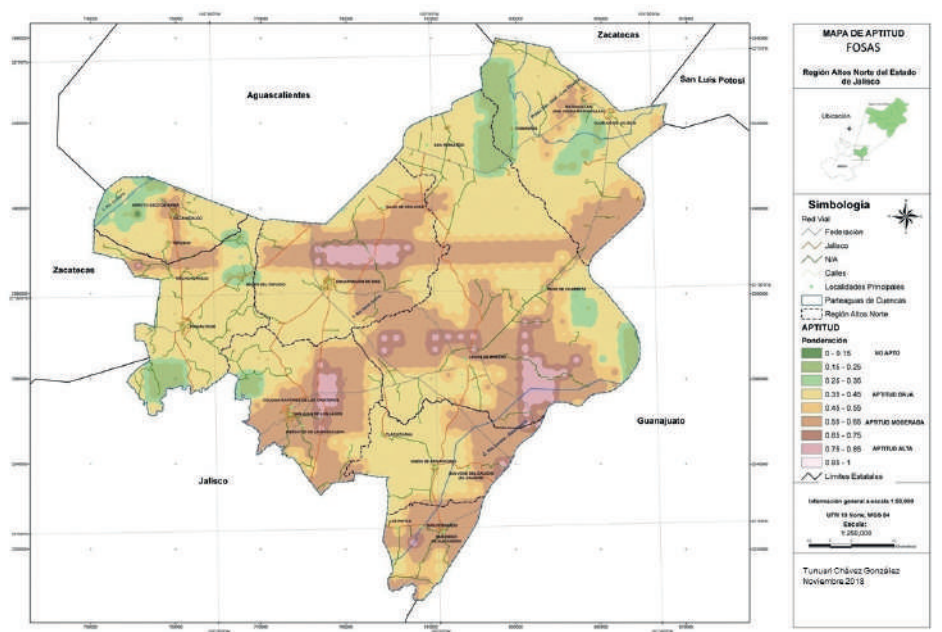
El mayor número de víctimas en inhumaciones clandestinas (clase de 61 a 90 IDs) se asoció, significativamente, con la unidad de paisaje A1 (suelos profundos y suaves en campos agrícolas) y la clase de 31-60 IDs con la unidad U8 (zonas urbanizadas sobre suelos forestales), ambas en terrenos planos o semiplanos.

La clase mayor a 90 víctimas presentó el valor más alto y se asoció con la unidad de paisaje M5 (matorral secundario sobre suelos profundos en pendientes moderadas), pero en este caso el resultado dependió de una sola fosa en la que se encontraron 125 IDs.

Como producto de la aplicación de un método similar, es como se determina la aptitud territorial para sectores económicos en un ordenamiento ecológico del territorio. Para el caso, desde el año 2018 en Jalisco se ha buscado analizar la aptitud territorial para el establecimiento de inhumaciones clandestinas a través de protocolos de búsqueda, particularmente desde un ejercicio experimental denominado “Mapa de aptitud territorial para fosas clandestinas en la región Altos Norte del estado de Jalisco” (Figura 2) que conjunta indicadores o atributos y los pondera mediante el método Delphi, estudiando el territorio desde cuadrantes como unidades

mínimas y utilizando un proceso metodológico similar al de un ordenamiento ecológico del territorio (Chávez, 2018); mostrando, en ese momento, congruencia con inhumaciones localizadas.⁸

Figura 2. Mapa de aptitud territorial para fosas clandestinas en la región Altos Norte del estado de Jalisco



Fuente: Chávez (2018).

Estos ejemplos son básicos y preliminares, pero nos muestra la posibilidad de utilizar métodos de análisis geoecológico del paisaje para, a partir de datos de factores socioecológicos de una muestra de fosas conocidas, evaluar las condiciones ambientales en las que podrían

8 Este ejercicio se construyó en 2018 y 2019 desde la Unidad de Análisis y Contexto de la Comisión Estatal de Derechos Humanos de Jalisco, citando los saberes de colectivos de madres buscadoras. El Mapa de aptitud territorial para fosas clandestinas en la región Altos Norte del estado de Jalisco se presentó a familias en diversos foros y espacios.

localizarse con mayor probabilidad inhumaciones clandestinas; con esta información podrían priorizarse las acciones de búsqueda.

Se podrían elaborar mejores modelos que los del ejemplo presentado, utilizando — además de datos de pendiente, suelo y uso del suelo— mapas geomorfoedafológicos, de zonas climáticas, tipos de vegetación, densidad de población o de construcción, grado de marginación de los asentamientos humanos, distancia a vías de comunicación, entre otros. Lo anterior con la intención de hacer el modelaje espacial de la probabilidad de distribución y localización de inhumaciones clandestinas. Estas son algunas ideas que hay que ensayar en la práctica.

Consideraciones finales

Aunque los resultados obtenidos en el conjunto de estudios reunidos en este libro son, en su mayor parte, preliminares, muestran la variedad de métodos y técnicas que pueden emplearse en la búsqueda y detección de inhumaciones clandestinas. Estos trabajos, han sido realizados por un grupo de personas comprometidas con la aplicación de su conocimiento, desde distintas disciplinas científicas, a la labor de “encontrar a quienes nos faltan”. El ensayo experimental de varias técnicas de detección de fosas clandestinas ha servido como una exploración de posibilidades, de evaluación de ventajas y desventajas de los métodos empleados y, sobre todo, ha sido un proceso de aprendizaje que aporta valiosos elementos para diseñar nuevos estudios que contribuyan a elaborar mejores protocolos de búsqueda.

Los enfoques de los trabajos son diversos y el esfuerzo de investigación multidisciplinaria aún tiene pendiente transitar hacia una integración interdisciplinaria —la confluencia de varios campos de estudio en torno a un objeto de conocimiento común—. La interpretación ambiental y de los atributos físicos del paisaje han sido el eje integrador del conjunto de estudios en torno a un problema central, la búsqueda post mortem de personas inhumadas ilegalmente.

Recapitular sobre los aportes de estos trabajos de investigación colectiva, ya sean concretos, aproximados o solamente conceptuales, constituye un avance en un campo de estudio en el que queda mucho por aprender y al cual tenemos que prestar especial atención, dadas las circunstancias lamentables que enfrenta nuestro estado y nuestro país con la desaparición de personas. La tarea y la búsqueda continúan.

Es grande el dolor de miles de familias devastadas por la angustia y la impotencia de no conocer el paradero de sus seres queridos. Si ya no están en la forma de vida en la que se les vio por última vez, es fundamental seguir las pistas para reconocerles donde ahora se encuentran: en la naturaleza.

Referencias

- AGNEW, J., MARIANO, E., MOSSLER, S., JONES, N., BRAUGHTON, M., & GONZALEZ, J. (2009). *Finding Osama Bin Laden: An Application of Biogeographic Theories and Satellite Imagery*. UCLA: California Center for Population Research.
- ALAWADHI, A., ELIOPOULOS, C., & BEZOMBES, F. (2023). *The detection of clandestine graves in an arid environment using thermal imaging deployed from an unmanned aerial vehicle*. Journal of Forensic Sciences, 68(4), 1286-1291.
- ALEGRE-MONDRAGÓN A. & SILVÁN-CÁRDENAS J. (2024). *Using geospatial information sciences for the search of clandestine graves*. Forensic Research & Criminology International Journal, 12 (2), 159-166.
- ANDREWARTHA, H. & BIRCH, L. (1954). *The distribution and abundance of animals*. Chicago University Press.
- BEREZOWSKI, V., MALLET, X. & MOFFAT, I. (2020). *Geomatic techniques in forensic science: A review*. Science & Justice 60: 99-107. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2019.10.006>
- BEREZOWSKI V., MOFFAT, I., SHENDRY, Y., MACGREGOR, D., ELLIS, J. & MALLET, X. (2022). *A multidisciplinary approach to locating clandestine gravesites in cold cases: Combining geographic profiling, LiDAR, and near surface geophysics*. Forensic Science International Synergy, 5, 100281.
- BYRD, J. & CASTNER, L. (Eds.). (2009). *Forensic entomology: The utility of arthropods in legal investigations*. CRC Press. 10.4324/9781351163767
- BYRD, J. & SUTTON, L. (2023). *The Use of Forensic Entomology within Clandestine Gravesite Investigations*. Atti della Accademia Peloritana dei Pericolanti. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali 101(S1), A7. 10.1478/AAPP.101S1A7
- CANTER, D. (2003). *Mapping murder: walking in killers' footsteps*. Virgin Books.
- CHÁVEZ, T. (2018, noviembre). *Aptitud territorial para fosas clandestinas* [Diapositivas de Power Point]. Comisión Estatal de Derechos Humanos: presentación a colectivos de búsqueda. Auditorio CEDH: Guadalajara, Jalisco, México.
- COBUPEJ (s.f.). *Fosas clandestinas y características geomorfoedafoclimáticas* [Documento de Excel] [Material no publicado].



- DAVENPORT, G. (2001). *Remote sensing applications in forensic investigations*. Hist. Archaeol. 35(1), 87–100. 10.1007/bf03374530.
- DONNELLY, L. & HARRISON, M. (2013). *Geomorphological and geoforensic interpretation of maps, aerial imagery, conditions of diggability and the colour-coded RAG prioritization system in searches for criminal burials*. Geological Society, Special Publications 384(1), 173. 10.1144/SP384.10.
- DONNELLY, L., PIRRIE, D., HARRISON, M., RUFFELL, A. & DAWSON, L. (Eds.). (2021). *A guide to forensic geology*. Geol. Soc. London, pp. 1–217. 10.1144/gfg
- ELMES, G., ROEDL, G., & CONLEY, J. (Eds.). (2014). *Forensic GIS: the role of geospatial technologies for investigating crime and providing evidence*. Springer Press, pp. 1–320. 10.1007/978-94-017-8757-4
- ESCOBAR, D. (2022, 27 de octubre). *Encinas: hay dos mil 386 fosas clandestinas y cuatro mil 180 cuerpos exhumados en el país*. Proceso. Recuperado de: <https://www.proceso.com.mx/nacional/2022/10/27/encinas-hay-dos-mil-386-fosas-clandestinas-cuatro-mil-180-cuerpos-exhumados-en-el-pais-295926.html>
- EVERITT, B. (1992). *The analysis of contingency tables*. CRC Press.
- FITZPATRICK, W. & DONNELLY, L. (2021). *An introduction to forensic soil science and forensic geology: a synthesis*. Geol. Soc. Spec. Publ. 492(1), 1–32. 10.1144/sp492-2021-81
- GIANUZZO, A. (2010). *Los estudios sobre el ambiente y la ciencia ambiental*. Scientiæ Studia VIII (1): 129-156.
- GINZBURG, C. (2013). *Mitos, emblemas e indicios. Morfología e Historia*. Prometeo libros.
- GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F. (1980). *Ecología y paisaje*. Blume.
- GUILLÉN, A., TORRES, M., & TURATI, M. (2018, 12 de noviembre). *El país de las 2 mil fosas. A dónde van los desaparecidos*. Recuperado de: <https://adondevanlosdesaparecidos.org/2018/11/12/2-mil-fosas-en-mexico/>
- GUISAN, A., THUILLER, W. & ZIMMERMAN, N. (2017). *Habitat suitability and distribution models*. Cambridge University Press.
- HIRZEL, H., LE LAY, G., HELFER, V., RANDIN, C., & GUISAN, A. (2006). *Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences*. Ecological modelling, 199(2), 142-152.

- JARDEL-PELÁEZ, E., MAAS, M. & RIVERA-MONROY, V. (Coordinadores). (2013). *La Investigación Ecológica a Largo Plazo en México*. Editorial Universitaria-Universidad de Guadalajara-Red Mexicana de Investigación Ecológica de Largo Plazo.
- JARDEL, E. (2015). *Guía para la caracterización y clasificación de hábitats forestales*. Comisión Nacional Forestal.
- JOHNSON, L. & HUNN, E. (Eds.). (2012). *Landscape ethnoecology*. Berghahn Books.
- KALACSKA, M. & BELL, L. (2006). *Remote sensing as a tool for the detection of clandestine mass graves*. Canadian Society of Forensic Science Journal, 39(1), 1-13.
- KASPRZYK, I. (2023). *Forensic botany: who?, how?, where?, when?*. Science & Justice, 63(2), 258-275.
- LÓPEZ, J. (2022). *Sucesión de coleópteros necrobios y necrófilos en cadáveres de cerdos expuestos al sol y sombra en Zapopan, Jalisco, México*. Universidad de Guadalajara.
- MAYOR, S., SCHNEIDER, D., SCHAEFER, J. & MAHONEY, S. (2009). *Habitat selection at multiple scales*. Ecoscience, 16 (2), 238-247.
- MORABITO, M. & SOMMA, R. (2023). *The crucial role of Forensic Botany in the solution of judicial cases*. Atti della Accademia Peloritana dei Pericolanti. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali 101(S1), A11. 10.1478/AAPP.101S1A11.
- MORALES, G. (2017). *Las ciencias ambientales. Una caracterización desde la epistemología sistémica*. Nova scientia vol.9 no.18.
- MORIN, E. (1986). *El Método 3. El conocimiento del conocimiento*. Cátedra.
- MORIN, E. (1981). *El Método 1. La naturaleza de la naturaleza*. Cátedra.
- NAVEH, Z., & LIEBERMAN, A. (1990). *Landscape Ecology: Theory and Application*. Springer Verlag.
- PAULI, W. (1996). *Escritos sobre física y filosofía*. Debate.
- PRINGLE, J., RUFFELL, A., JERVIS, J., DONNELLY, L., MCKINLEY, J., & HANSEN, J. (2012). *The use of geoscience methods for terrestrial forensic searches*. Earth-Sci. Rev. 114, 108–123. 10.1016/j.earscirev.2012.05.006.
- ROBBEN, A. (2015). *Exhumations, Territoriality, and Necropolitics in Chile and Argentina*, in F. Ferrándiz & A. Robben (eds.). *Necropolitics: mass graves and exhumations in the age of human rights*. University of Pennsylvania Press.
- RUFFELL, A. (2010). *Forensic pedology, forensic geology, forensic geoscience, geoforensics and soil forensics*. Forensic Sci. Int. 202(1-3), 9–12. 10.1016/j.forsciint.2010.03.044



- RUFFELL, A., ROCKE, B., & POWELL, N. (2023). *Geoforensic search to crime scene: remote sensing, geophysics, and dogs*. *Journal of Forensic Sciences*, 68(4), 1379-1385.
- SOMMA, R., SUTTON, L. & BYRD, J. (2023). *Forensic geology applied to the search for homicide graves*. *Atti della Accademia Peloritana dei Pericolanti-Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*, 101(S1), 5.
- TINDALL, C. (1994). *Forensic Geology*. *Soil Science* 157(2), 1–128.
10.1097/00010694- 199402000- 00013
- TOMBERLIN, J., BENBOW, M., TARONE, A. & MOHR, R. (2011). *Basic research in evolution and ecology enhances forensics*. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(2), 53-55.
- WILTSHIRE, P. (2009). *Forensic ecology, botany, and palynology: some aspects of their role in criminal investigation*. In *Criminal and environmental soil forensics*. Springer Netherlands (pp. 129-149).

Retos





**Dirección de Análisis y
Contexto**

Comisión de Búsqueda de Personas
del Estado de Jalisco

INTERPRETAR LA NAT

PARA ENCONTRAR A C

NOS FALTAN



Comisión de Búsqueda
de Personas del Estado
de Jalisco
Subsecretaría de Derechos Humanos

TURALEZA
QUIENES



