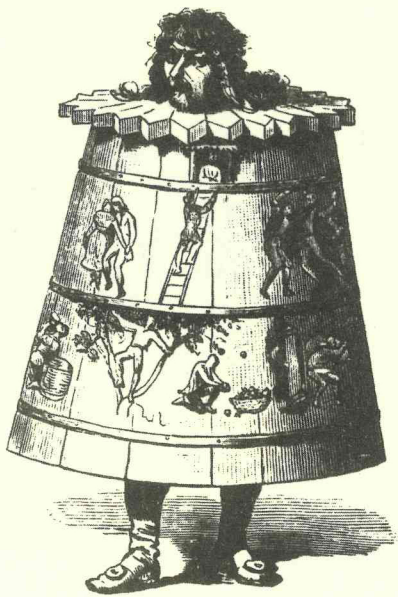


PROYECTO DE Antropología Forense



El radar de penetración
en contextos forenses:
una herramienta geofísica para la
investigación intradisciplinaria

*Jorge Arturo Talavera González,
Juan Martín Rojas Chávez y José Ortega Ramírez.*
DAF, INAH

El radar de penetración es un instrumento utilizado por los geofísicos para realizar mapeos del subsuelo. En la última década del siglo recién concluido, la arqueología ha empleado esta técnica geofísica para maximizar la recolección de datos y generar modelos predictivos para planear la exploración de un sitio arqueológico, cuando el tiempo y los recursos no permiten emprender una excavación intensiva. Otras técnicas aplicadas tradicionalmente en la detección desde la superficie de rasgos arqueológicos enterrados es la resistividad eléctrica y el magnetómetro de protones. Estas técnicas pueden trazar y mapear un conjunto de anomalías en el terreno pero, no nos indican su profundidad.

Para la detección de las tumbas, el uso del Georadar ha demostrado ser una técnica geofísica recomendable por no resultar destructiva ni intrusiva; cubre fácil y rápidamente grandes áreas y se puede aplicar prácticamente en todo tipo de terrenos, salvo cuando en el subsuelo se tienen materiales arcillosos saturados en agua, lo cual atenúa las ondas de radar por su alta conductividad, induciendo a que las prospecciones se lleven a cabo en estos casos en épocas de secas.

En contraste con otros métodos geofísicos, el Radar de Penetración no sólo detecta cambios en los suelos y en las propiedades de los sedimentos -incluyendo la presencia de materiales arqueológicos enterrados-, sino también mide la profundidad en la cual ocurren estos cambios.

El método de Georadar se basa en la transmisión de pulsos repetidos de ondas electromagnéticas en las frecuencias de 10 a 1000 megahertz, los cuales son reflejados hacia la superficie cuando la energía radiada encuentra una interface entre dos materiales con propiedades dieléctricas diferentes. La interface que causa estas reflexiones puede ser debida a cambios de los estratos sedimentarios geológicos o a objetos enterrados. La transmisión de estos pulsos se lleva a cabo por medio de una antena emisora y el registro de los mismos por medio de una antena receptora, con un soporte magnético o memoria de masas; ge-

neralmente los pulsos se pueden convertir en voltaje como una función de tiempo y visualizados en un algún soporte gráfico.

La profundidad de penetración del Georadar está en función del tipo de material geológico y de la frecuencia del radar utilizado. Las frecuencias bajas penetran grandes profundidades mientras que las altas penetran profundidades someras, proporcionando una gran resolución.

La importancia del radar
de penetración

El radar de penetración no sólo permite la ubicación de una fosa clandestina, ayuda además a conocer la profundidad y forma de los rasgos enterrados y trazar su perfil. Los datos se presentan como mapas que se pueden usar rápidamente para trazar la estrategia de exploración y recuperación de indicios. El radar detecta cambios recientes en suelos someros, como pueden ser remociones dentro de la estratigrafía natural y la intrusión de materiales de diferente composición; no detecta esqueletos o restos parcialmente descompuestos, sino ordenamientos anómalos en el suelo y piezas de metal.

Otra ventaja del uso de radar en casos forenses es que queda un registro electrónico, objetivo y permanente de una tumba clandestina. Estos datos pueden ser interpretados por otros científicos forenses, lo cual resulta de gran valía no sólo académica sino legal, ya que los testigos expertos o peritos pueden ser cuestionados en un juicio por peritos de la defensa. Evidentemente un registro de radar, al ser pulsos electrónicos almacenados en la memoria de una computadora, puede constituirse como la evidencia más sólida y objetiva para la ciencia forense. Así, la tumba destruida por una deficiente excavación puede "recuperar" sus características originales con los datos de este registro. Debemos buscar técnicas para preservar íntegramente una fosa clandestina después de la exhumación, ya que su contorno original y las posibles huellas de herramientas e impresiones de calzados o incluso palmares también son



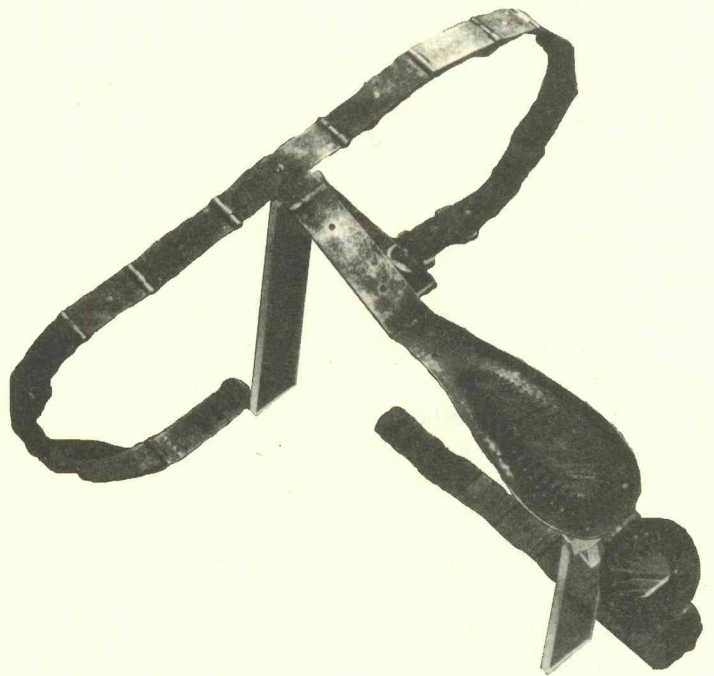
un indicio. Si existen dudas sobre su registro, al preservarse adecuadamente, puede ser analizada, independientemente de los peritos oficiales, por cualquier perito que así lo solicite.

Un modelo docente-experimental para la investigación forense

Conscientes de la importancia científica y legal del uso de esta técnica geofísica en contextos forenses, se implementó un pequeño programa de trabajo dentro del módulo "Excavación de una fosa clandestina", dentro del primer Diplomado de Antropología Forense, organizado por la Coordinación Nacional de Antropología del INAH. Gracias a los esfuerzos para salvar los trámites institucionales y al apoyo financiero de la Coordinadora Nacional de Antropología, Gloria Artís Mercadet, y al eficiente y disciplinado trabajo de la Coordinadora de Diplomados, Gloria Santos, se pudo lograr el préstamo del equipo geofísico Georadar, modelo SIR-II, de la Subdirección de Estudios Académicos del INAH, para la realización del primer experimento en nuestro país sobre localización, prospección y estudio intradisciplinario de fosas clandestinas.

El programa comenzó con el diseño de un plan de trabajo que abarcara dos aspectos principales: 1) la formación de cuadros forenses para la localización, exploración, registro y análisis de la evidencia de una tumba clandestina, y 2) la investigación intradisciplinaria forense en torno a los procesos de formación y transformación de los específicos contextos denominados fosas clandestinas. Al ser pioneros en este campo en México, nos encontramos con ciertos problemas que pretendemos resolver en las fases posteriores de la investigación.

En primer lugar, resultó difícil obtener un predio para realizar las prácticas de campo y la investigación. Con ciertas restricciones de espacio, se pudo trabajar en los jardines de la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH), gracias al permiso otorgado por la antropóloga fi-



sica Eyra Cárdenas Baraona, administradora de la escuela en ese entonces. En segundo lugar, no fue posible utilizar cadáveres humanos, ya que la ENAH está impedida por la legislación sanitaria para que en sus instalaciones se haga este uso. Por ello se emplearon huesos humanos áridos y un cerdo, éste último porque sus características bioquímicas y fisiológicas son parecidas las de humanos.

Otras investigaciones de antropología forense, llevadas a cabo en la Universidad de Tennessee, emplearon cadáveres humanos; las del equipo Necrosearch, en Denver, Colorado, y las del biólogo Haskell, en Hawai, utilizaron cerdos con resultados muy parecidos. Claro está, es mejor usar cadáveres humanos pese a la fuerte oposición ética y de la opinión pública, pues al igual que en la investigación médica, su utilización ayuda a que vivamos en un mundo mejor, y en el caso forense a resolver los problemas delictivos.

El propósito de los modelos intradisciplinarios en la investigación de la Antropología Forense, consiste en aplicar diferentes técnicas de varias ciencias para localizar, estudiar y recolectar indicios alrededor y dentro de una tumba clandestina. El objetivo de la aplicación ordenada de una batería de técnicas es cuantificar los cambios ambientales alrededor de un lugar específico de hechos o de hallazgo, en donde se encuentra uno o varios cuerpos enterrados en una fosa somera o profunda. Para ello es necesario contar con un equipo intradisciplinario de científicos especializados en los campos de la geología, edafología, geofísica, geoquímica, fotografía aérea, imágenes infrarrojas, meteorología, botánica, entomología, psicología forense, criminalística, antropología cultural, arqueología, antropología física y medicina forense.

Un experimento de formación e investigación forense

De acuerdo con la American Board of Forensic Anthropologist, algo que hace diferentes a los antropólogos foren-

ses de sus colegas y de otros científicos forenses es el tipo de entrenamiento. Este debe enfocarse al cómo y cuándo se debe involucrar a los estudiantes en casos reales. Un antropólogo forense debe ser capaz de describir las características individuales de un esqueleto. Debe saber cómo interpretar la información en el lugar de hechos o de hallazgo; por tanto, debe dominar técnicas de recuperación, de cálculo del intervalo *postmortem*, del uso de la reconstrucción facial y superimposición cráneo-foto; debe redactar informes y dictámenes, que son fundamento legal y ético de la práctica forense; brindar testimonio en juzgados como testigo experto o perito. Estas habilidades y conocimientos se desarrollan en un lapso considerable de tiempo, pero el problema principal es cómo realizar prácticas dentro del ámbito forense.

La participación en casos reales se dificulta porque son de naturaleza legal, y los restos humanos son entregados a los familiares o sepultados en fosas comunes. Una solución a este problema ha sido la elaboración de juegos de transparencias, y el uso de moldes de restos humanos de casos forenses para ilustrar las clases de antropología forense. Para simular la participación en el lugar de hechos o de hallazgos, se ha tratado de recrear las condiciones de un escenario del crimen de la forma más real posible.

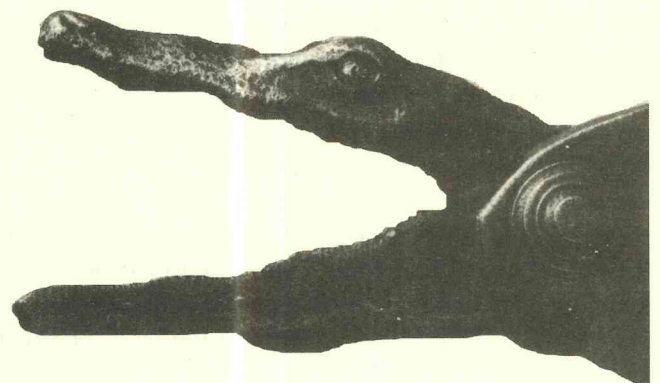
La metodología utilizada por nosotros es la del equipo de Arqueología Forense de Florida, en donde se simulan las condiciones de un homicidio mediante la inhumación de restos esqueléticos y algunos artefactos presentes, con el fin de entrenar a arqueólogos, antropólogos físicos, criminalistas y corporaciones policiacas en el adecuado registro, fijación y levantamiento de indicios. En nuestra práctica desarrollada en el ENAH, el terreno donde se dispusieron las tumbas es ligeramente plano, formado por un horizonte de rocas basálticas y suelos de origen lacustre, al que posteriormente se añadió un gran relleno compuesto por pequeñas rocas, limo, fragmentos de ladrillo, cemento, vidrios, corcholatas, objetos de metal diversos, plástico y vegetación, que tiene un origen muy reciente, aproximadamente cinco años. Su objetivo fue habilitar los jardines de los alrededores de la Escuela. Actualmente se ha formado una pequeña capa de suelo y materia orgánica en donde han crecido algunos árboles y pastizal. Constantemente se añaden materiales recientes, con la acumulación gran cantidad de basura arrojada los alumnos y los transeúntes.

Con palas y picos se cavaron cinco fosas someras y se colocaron esqueletos semicompletos, siendo estos material óseo sin contexto arqueológico, facilitado por el laboratorio de osteología de la Licenciatura de Antropología Física, cubiertos con ropa, vísceras de cerdo, y algunos artefactos como monedas, joyería de fantasía, armas de juguete, etcétera. En algunos casos se dejaron marcas de palas en los perfiles y huellas de calzado en el fondo de la tumba, para ver si se conservan y si los alumnos las registran.

Una vez ubicados, registrados y fotografiados los elementos dentro de las fosas, se procedió a rellenarlos en espera del crecimiento de la vegetación. Las dimensiones generales de ese terreno son: 50 m. de largo por 10 m. de ancho y 70 cm de profundidad. Transcurrido un periodo de dos meses, se sondeó el lugar con el radar de penetración. La metodología de campo fue la siguiente:

En primer lugar, las cinco tumbas se reticularon, utilizándose estacas de plástico, orientadas de norte a sur, y divididas en cuadrantes de 1 x 1 m., subdividiéndose a su vez con cinta de aislar color amarillo a cada 50 en 50 cm. Posteriormente se colocaron petates sobre las líneas a trabajar, para no alterar la superficie de las fosas y facilitar el deslizamiento de la antena del radar, la cual se utilizó posteriormente con una penetración de 1 m. en todas las fosas. Sólo se experimentó con la antena grande en la fosa 1, 2 y 6. Se realizaron disparos cada 50 cm, teniendo como resultado buenas señales, que permitieron trazar los perfiles de las cinco tumbas. En las fosas con artefactos de metal se registraron claras señales que los identifican.

Se excavó una sexta fosa para comparar resultados con las otras. Se trazó una retícula con estacas de plástico, cuyas dimensiones fueron 1.50 x 1.50 m. y 50 cm. de profundidad, con una orientación norte-sur. Previo a la excavación se tomaron lecturas con el radar, y posteriormente se comenzó a excavar cuidadosamente, registrando tridimensionalmente los rasgos anómalos obtenidos. Por último, se colocó un cerdo muerto un día antes, el día 19 de noviembre de 1999, rellenándose finalmente las fosas. Después se pasó de nuevo el radar, encontrando como dato interesante que las señales son diferentes para cuerpos con tejidos blandos que para los restos esqueléticos, lo que



amplía esta investigación a los procesos de crono-tanato-diagnóstico y al establecimiento del intervalo *postmortem*, basados en la distorsión de los sedimentos dentro de una fosa clandestina.

Conclusión: un programa de investigación intradisciplinaria para el estudio de las tumbas clandestinas en México.

Como vemos, es posible ubicar una tumba clandestina mediante el empleo del radar de penetración. Los trabajos realizados en el jardín de la ENAH -en donde se utilizaron dos antenas, una de 300 megahertz y otra de 900 megahertz-, mostraron lo apropiado de esta técnica de prospección de entierros clandestinos, al permitir altas resoluciones de hasta dos m de profundidad.

Con el uso del radar es posible predecir, antes de realizar la exhumación, si se trata de restos esqueléticos o si aún se encuentran parcialmente descompuestos. También nos puede indicar si existen otros indicios, como objetos de metal. Por último, el mapa generado por computadora nos da un perfil detallado de la fosa clandestina, la profundidad y la forma aproximada de los posibles restos humanos, lo cual ayuda a trazar la estrategia antes de comenzar a excavar.

Es necesario realizar otros experimentos en diferentes condiciones. Se puede comenzar con el estudio de casos reales registrados y depositados en los archivos de las procuradurías de justicia de los diferentes estados de la república, para conocer los contextos forenses, artefactos actuales y el tipo de suelos o continentes artificiales en donde se realizan las inhumaciones clandestinas en nuestro país. Así también, se pueden integrar a la investigación intradisciplinaria de inhumaciones clandestinas, entomólogos, botánicos, meteorólogos, edafólogos, químicos y médicos forenses, para realizar un estudio pormenorizado de los cambios que ocurren alrededor y dentro de una fosa clandestina con el fin de reconstruir las condiciones prevalentes antes y después de los hechos, que permitan determinar cómo fueron, quién las realizó y cuánto tiempo ha transcurrido.

Es necesario realizar estudios en diversos predios con diferentes condiciones geológicas y climáticas, tratando de simular situaciones forenses reales. Para ello se requieren convenios interinstitucionales con diferentes órganos de procuración de justicia, para crear campos experimentales en toda la república, que no sólo comprendan la investigación de las condiciones microambientales de las inhumaciones clandestinas, sino también la formación de nuevos cuadros en antropología forense. Estos laboratorios de investigación deben contar con las instalaciones y el equipo necesario para la investigación, además de una vigilancia para evitar su destrucción por parte de los curiosos.

Al contar con los requerimientos que señala nuestra legislación sanitaria y con el apoyo científico y logístico de las diferentes procuradurías, se podrán utilizar cadáveres humanos en la simulación de situaciones forenses. Se pretenden monitorear los cambios producidos en la microestructura de las fosas, tomando lecturas con el radar

en diversos intervalos de tiempo. Asimismo, se deben realizar con varios individuos para contar con indicadores y estrategias de exhumación para los casos de ejecuciones, ya sean éstas producto de organizaciones criminales o de violación a los derechos humanos.

Esperamos que esta contribución panorámica sobre el proyecto descrito despierte el interés de la comunidad académica forense y de las autoridades de procuración de justicia, para poder obtener los fondos, personal y permisos necesarios para la formación e investigación en antropología forense en nuestro país, algo que como todos sabemos es indispensable y de gran actualidad.

