

romperse de forma casi inmediata. Por tanto, han de ser mantenidos húmedos hasta que puedan ser tratados o congelados en un laboratorio. Este tipo de medidas de conservación ayudan a explicar el enorme costo de la arqueología subacuática y de pantanos. Se ha calculado que los gastos de la «arqueología húmeda» son cuatro veces mayores que los de la «seca». Pero la recompensa, como hemos visto, es enorme.

Esta recompensa también será muy grande en el futuro. Florida, por ejemplo, tiene aproximadamente 1,2 millones de hectáreas de depósitos de turba, que, con base en las evidencias actuales, contienen probablemente más artefactos orgánicos que cualquier otra parte del mundo. Hasta ahora, las áreas pantanosas de este lugar han proporcionado más

embarcaciones prehistóricas que cualquier otra región, además de tótems, máscaras y figurillas, fechadas incluso en el 5.000 a.C. En la Cuenca de Okeechobee, por ejemplo, se ha encontrado una plataforma funeraria del I milenio a.C., decorada con una serie de grandes postes totémicos tallados en madera, que representan una colección de animales y pájaros. Tras un incendio, la plataforma se había hundido en una charca. Sin embargo, solo recientemente en Florida la recuperación de hallazgos sumergidos se ha producido mediante una excavación cuidadosa y no simplemente como un resultado del drenaje, que está destruyendo grandes áreas de depósitos de turba y, con ellos, cantidades incalculables de evidencias arqueológicas de todo tipo (véanse pp. 515-520).

RESUMEN

Uno de los principales objetos de estudio para el arqueólogo son los artefactos, objetos muebles fabricados por el hombre que pueden ayudarnos a responder a las preguntas que nos hacemos acerca del pasado. Los artefactos inmuebles, como hogares o agujeros de poste, son llamados estructuras. Aquellos lugares que muestran indicio de actividad humana, especialmente aquellos en los que artefactos y estructuras aparecen de forma conjunta, son llamados yacimientos arqueológicos.

El contexto resulta fundamental para la comprensión de la actividad humana en el pasado. El contexto de un artefacto se compone del sedimento en el que se inserta, su posición (coordinadas, verticales y horizontales, dentro de dicha capa de sedimento) y su asociación con los otros artefactos identificados en su entorno. Se dice que los artefactos que son hallados en el lugar en el que fueron depositados originalmente se encuentran en un contexto primario. Aquellos que han sido desplazados desde su abandono original, como consecuencia de fenómenos naturales o de la actividad humana, se encuentran en un contexto secundario.

Los yacimientos arqueológicos se forman a través de procesos postdeposicionales. Las actividades humanas, sean deliberadas o accidentales son denominadas procesos postdeposicionales culturales. Los fenómenos naturales que afectan a los yacimientos arqueológicos, como las erupciones volcánicas que cubren ciudades antiguas con ceniza o la arena que se desplaza con el viento, enterrando artefactos, son llamados procesos postdeposicionales naturales.

Cualquier artefacto puede conservarse en las condiciones medioambientales adecuadas. Normalmente, la materia inorgánica se preserva mejor que la materia orgánica, que tienden a descomponerse, excepto en condiciones extremas.

La conservación de la materia orgánica depende del sedimento que la rodee y del clima del lugar en el que se encuentre. Los suelos ácidos de los climas tropicales son los más agresivos con la materia orgánica, siendo más probable que su conservación sea buena en medioambientes desérticos extremadamente secos, o en los excepcionalmente fríos o húmedos.

LECTURAS ADICIONALES

Pueden encontrarse buenas introducciones a los problemas relativos a la conservación de los materiales arqueológicos en:

- Binford, L. R., *In Pursuit of the Past: Decoding the Archaeological Record*, Berkeley y Londres, University of California Press, 2002 [ed. cast.: *En busca del pasado: descifrando el registro arqueológico*, trad. de Pepa Gasull, Barcelona, Crítica, 1998].
- Coles, B. y J., *People of the Wetlands: Bogs, Bodies and Lake-Dwellers*, Londres y Nueva York, Thames&Hudson, 1989.

Nash, D. T. y Petraglia, M. D. (eds.), *Natural Formation Processes and the Archaeological Record*, Oxford, British Archaeological Reports, International Series 352, 1987.

Purdy, B. A. (ed.), *Enduring Records: The Environmental and Cultural Heritage of Wetlands*, Oxford, Oxbow Books, 2001.

Schiffner, M. B., *Formation Processes of the Archaeological Record*, Salt Lake City, University of Utah Press, 1996.

3

¿Dónde?

Prospección y excavación de yacimientos y estructuras

Se ha dicho que una persona con un objetivo claro y un plan de campaña tiene más posibilidades de éxito que otra que carezca de ellos, cosa que se puede aplicar a la arqueología. El trasfondo militar de los términos «objetivo» y «campaña» son totalmente adecuados para la arqueología, que a menudo precisa del reclutamiento, financiación y coordinación de gran cantidad de individuos dentro de proyectos de campo complejos. No es casualidad que dos pioneros de las técnicas de campo –Pitt-Rivers y Mortimer Wheeler– hayan sido exmilitares. En la actualidad los arqueólogos tratan de explicitar, al inicio de la investigación, cuáles son sus objetivos y cuál será su plan de campaña. A este procedimiento se le denomina, por lo común, elaborar un *proyecto de investigación*, que, en términos generales, consta de cuatro fases:

- 1 la *formulación* de una estrategia de investigación para resolver un problema concreto o contrastar una hipótesis o idea;
- 2 la *recogida y registro de la evidencia* con la que verificaremos esa idea, generalmente por medio de la organización de un equipo de especialistas y la dirección del trabajo de campo;
- 3 el *tratamiento y análisis* de esa evidencia y su interpretación a través de la contrastación de la hipótesis original;
- 4 la *publicación* de los resultados en artículos de revistas, libros, etcétera.

Raras veces, por no decir nunca, se produce una progresión tan clara desde la primera a la cuarta fase. En la vida real, la estrategia de investigación se modificará a medida que se recuperen y analicen los datos. Y, a menudo, de modo imperdonable, también se prescinde de la publicación (Cap. 14). Pero, en los proyectos mejor planificados, el objetivo global –la cuestión o cuestiones principales que se deben resolver– permanecerán, aunque se altere la estrategia ideada para lograrlo.

En la Parte II estudiaremos algunas de las estrategias de investigación que adoptan los arqueólogos para responder a importantes cuestiones relativas a la organización de las

sociedades, su entorno, su consumo, sus creencias y, por supuesto, a su evolución a lo largo de miles de años.

Después, en el capítulo 13 examinaremos detalladamente un pequeño número de proyectos para mostrar cómo se lleva a cabo una investigación desde su inicio a su culminación. Nos centraremos en la segunda fase del proceso de investigación –en los métodos y técnicas que emplean los arqueólogos para obtener datos con los que contrastar sus ideas–. No se debe olvidar que la evidencia apropiada a menudo puede proceder tanto de trabajos de campo anteriores como recientes: el nuevo enfoque aplicado por Ian Hodder en la excavación de Catal Hüyük (cuadro, pp. 46-47) lo demuestra. Gran cantidad de material rico y valioso todavía se esconde en los sótanos de museos e instituciones, esperando a ser estudiado con base en técnicas nuevas e imaginativas.

Tradicionalmente, solía considerarse al trabajo de campo casi exclusivamente en función de la excavación de yacimientos individuales. Sin embargo aunque los yacimientos y su excavación siguen siendo de la mayor importancia, el enfoque se ha ampliado para incluir paisajes completos y la prospección superficial de yacimientos como complemento –o incluso sustitución– de la excavación. Los arqueólogos se han dado cuenta de que existe una gran variedad de datos arqueológicos «fuera de yacimientos» o que no constituyen «yacimientos propiamente dichos», que sin embargo proporcionan información valiosa relativa a la explotación humana del entorno. El estudio de paisajes enteros realizado a través de prospecciones comarcales supone, así, la mayor parte del actual trabajo arqueológico de campo. Los arqueólogos también se han ido concienciando del elevado costo y destructividad de la excavación. La prospección superficial y geofísica de yacimientos, que emplea mecanismos de teledetección no destructivos ha adquirido gran importancia. Podemos hacer una útil distinción entre los *métodos utilizados para la localización* de yacimientos arqueológicos y estructuras o artefactos dispersos que no están en yacimientos, y los empleados *una vez estos han sido descubiertos*, y que incluyen la prospección detallada y la excavación selectiva de yacimientos concretos.

EL DESCUBRIMIENTO DE ESTRUCTURAS Y YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS

En este apartado, revisaremos algunas de las principales técnicas de localización de yacimientos. Pero no debemos olvidar que muchos monumentos nunca se perdieron para la posteridad: las gigantescas pirámides de Egipto o Teotihuacán, cerca de la actual Ciudad de México, siempre han sido conocidas por las generaciones posteriores, al igual que la Gran Muralla China o muchos de los edificios del Foro de Roma. Su propósito o función exacta pueden haber suscitado controversias a lo largo de los siglos, pero nunca se puso en duda su presencia, el hecho de su existencia.

Tampoco podemos atribuir a los arqueólogos el hallazgo de esos lugares que alguna vez estuvieron perdidos. Nadie ha hecho jamás un recuento exacto puesto que un buen número de yacimientos hoy conocidos fueron encontrados por casualidad, desde la cueva decorada de Lascaux, en el sudoeste de Francia, descubierta por unos escolares durante la Segunda Guerra Mundial, hasta el ejército de terracota del primer emperador de China, desenterrado en 1974 por unos granjeros que cavaban un pozo, o los innumerables pecios submarinos encontrados, en primer lugar, por pescadores, recolectores de esponjas y submarinistas aficionados. Los trabajadores de la construcción, durante la realización de nuevas carreteras, metros, diques y bloques de oficinas, han hecho su contribución a los descubrimientos—por ejemplo, el *Templo Mayor* de los aztecas en la Ciudad de México (cuadro, 564-565).

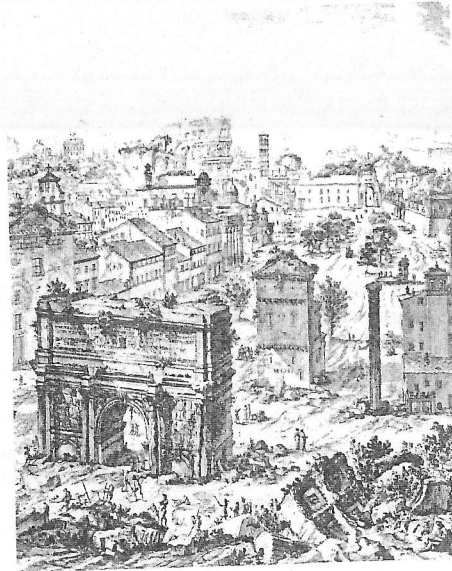
Sin embargo, son los arqueólogos quienes han procurado registrar, de forma sistemática, estos yacimientos y quienes buscan toda la variedad de yacimientos y estructuras, que conforman el paisaje del pasado. ¿Cómo lo hacen?

Podemos hacer una distinción práctica entre la localización de yacimientos realizada sobre la superficie del suelo (*inspección de superficie*) y el descubrimiento desde el aire o el espacio (*reconocimiento aéreo*), aunque ningún proyecto de campo empleará ambas modalidades.

La inspección de superficie

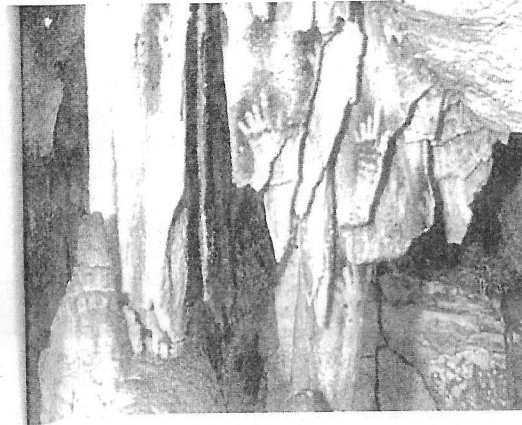
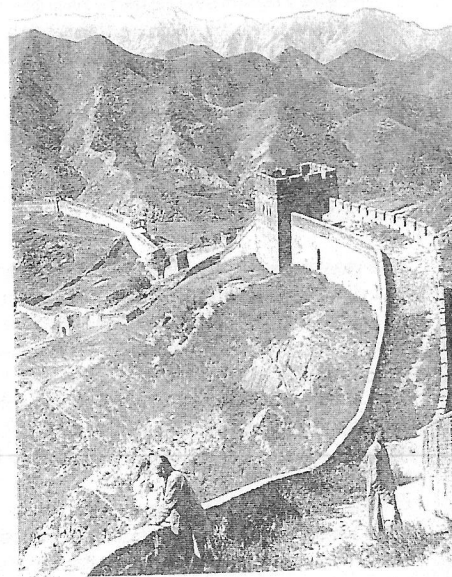
Los métodos de identificación de yacimientos concretos incluyen la consulta de fuentes documentales y la evidencia toponímica, además, sobre todo, del auténtico trabajo de campo, que puede consistir en la supervisión del avance de las construcciones de los promotores en la arqueología de urgencia o en prospecciones de reconocimiento.

Las fuentes documentales. En el capítulo 1 vimos cómo la firme creencia de Schliemann en la exactitud histórica de los textos de Homero le condujo directamente al descubrimiento de la antigua Troya. Una historia también culminada por el éxito, pero más reciente fue el realizado por Heige

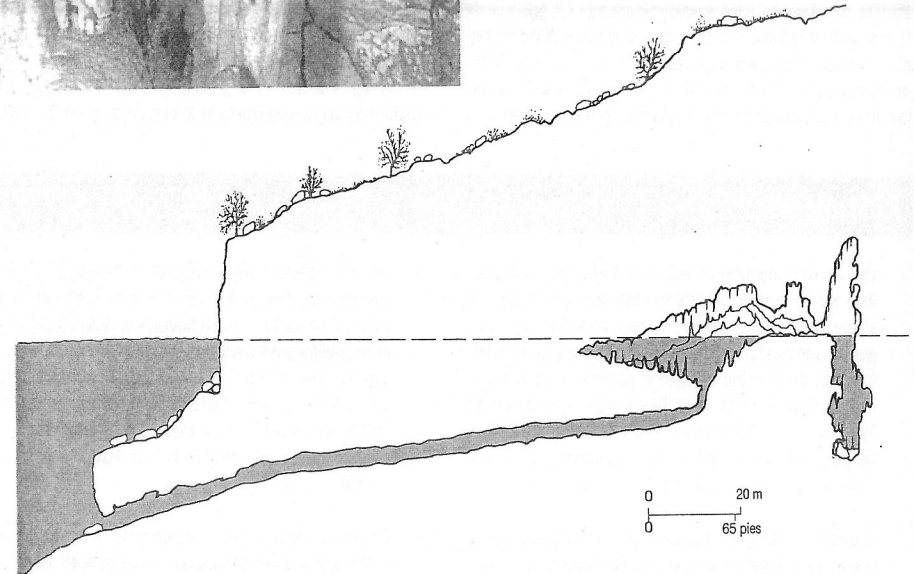


Sepultados en parte pero nunca perdidos: los edificios del Foro de la antigua Roma, tal como los representó el artista italiano Piranesi en un aguafuerte del siglo XVIII.

La Gran Muralla China, con más de 2.000 km de longitud, se comenzó a construir en el siglo III a.C. Como el Foro, nunca he estado perdida para la posteridad.



La cueva de Cosquer, descubierta por un buzo profesional en 1985, cuyo único acceso es un pasaje subacuático que se encuentra a 37 m de profundidad con respecto al actual nivel del mar (abajo). Este túnel, que sube en pendiente, conduce a una cámara—que se ha mantenido parcialmente sobre el nivel del agua—donde, en 1991, se descubrieron unas pinturas paleolíticas. Las pinturas y grabados de las paredes incluyen impresiones de manos (izquierda).



and Anne Stine Ingstad: asentamiento vikingo de L'Anse aux Meadows en Terranova, gracias a los datos que contenían las sagas vikingas medievales. Gran parte de la arqueología bíblica actual se ocupa, asimismo, de la búsqueda en Oriente Próximo de pruebas fehacientes de los lugares—así como de las personas y acontecimientos—descritos en el Antiguo y el Nuevo Testamento. Tratada objetivamente como una posible fuente de información, la Biblia puede constituir un recurso valioso de material documental, pero existe el peligro real de que la creencia en la verdad religiosa absoluta de los textos pueda impedir una valoración imparcial de su validez arqueológica.

Gran parte de la investigación realizada por la arqueología bíblica supone el intento de relacionar los lugares mencionados en la Biblia con yacimientos arqueológicos conocidos. Con todo, la evidencia toponímica también puede llevar a descubrimientos efectivos de nuevos yacimientos arqueológicos.

Los mapas antiguos y los viejos nombres de calles son incluso más importantes para ayudar a los arqueólogos a reconstruir los planos primitivos de las ciudades históricas. En Inglaterra, por ejemplo, es posible situar, en las ciudades medievales mejor documentadas, muchas de

las calles, casas, iglesias y castillos del siglo XII d.C., o incluso anteriores, empleando este tipo de datos. Estos mapas constituyen una base fiable sobre la que decidir si resulta rentable llevar a cabo una labor de prospección y excavación.

La gestión de recursos culturales y la arqueología de rescate. En esta labor especializada—que abordaremos más ampliamente en el Cap. 14—el papel del arqueólogo consiste en localizar y registrar todos los yacimientos posibles antes de que sean destruidos por nuevas carreteras, edificios o diques, o por la extracción de turba y el drenaje de ambientes pantanosos. Cada año se localizan y catalogan en los EEUU gran cantidad de yacimientos en aplicación de las leyes de Gestión de Recursos Culturales (*Cultural Resource Management*), que fueron considerablemente ampliadas y reforzadas en los años sesenta. La adecuada coordinación con el promotor permitiría que la investigación arqueológica se realizase con antelación a lo largo de la ruta proyectada para la carretera o a medida que progresa. Los yacimientos importantes así descubiertos requieren una excavación ulterior y, en algunos casos, pueden alterar incluso los planes de construcción. Ciertos restos

EL PROYECTO DE PROSPECCIÓN SYDNEY CYPRUS

El proyecto Sydney Cyprus Survey Project (SCSP), liderado por Bernard Knapp y Michael Given, de la Universidad de Glasgow, llevó a cabo una prospección arqueológica intensiva sobre un área de 65 km² en la cordillera Troodos, en Chipre, entre 1992 y 1998. Esta área es célebre por sus yacimientos de fosfatos, explotados ya en la Edad del Bronce.

El proyecto pretendía examinar la transformación humana del paisaje durante un periodo de 5.000 años, y situarla en su contexto regional. El enfoque era multidisciplinar, incluyendo la arqueología, la arqueometalurgia, la etnohistoria, la geomorfología, la ecología, los SIG (Sistemas de Información Geográfica, véase p. 91) y las imágenes obtenidas desde satélite, sin olvidar la experiencia humana del paisaje.

Objetivos y diseño del proyecto

El objetivo principal del proyecto era el empleo de los datos obtenidos del paisaje arqueológico para analizar la relación entre la producción y la distribución de los recursos agrícolas y metalúrgicos a través del tiempo, y estudiar los cambios en la configuración de una sociedad compleja y de los individuos que formaban parte de ella.

Un primer requisito para la ejecución de una prospección sistemática e intensiva era contar con mapas. Para la creación de un mapa base de la región a prospectar se emplearon fotografías aéreas ampliadas. El programa de SIG MapInfo sirvió para escanear las fotografías, que fueron ajustadas a las coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*) y divididas con una cuadrícula mediante líneas con una separación de 100 m. El servicio chipriota de territorio y cartografía contribuyó con las lecturas GPS (*Global Positioning System*) del área a prospectar.

La unidad analítica adoptada era la propia unidad de prospección: siempre que el reconocimiento directo sobre el terreno o la fotografía aérea permitieran la identificación de áreas agrícolas, éstas se convertirían en la unidad básica de registro. La fase principal del proyecto suponía la prospección de transectos con la siguiente estrategia:

1. El recorrido de transectos de 50 m de anchura, con una orientación N-S (la separación entre prospectores sería de 5 m) y situados a intervalos de 500 m, para obtener una muestra sistemática amplia de la zona a prospectar.
2. La utilización de la información espacial, procesada de forma diaria mediante SIG, para determinar qué factores podían haber afectado a la exposición de materiales culturales.
3. La ejecución de prospecciones de cobertura completa en áreas de especial interés, en las que existiera una evidencia clara de actividades industriales, agrícolas o domésticas.
4. La investigación de aquellas zonas cuyo análisis preciso se veía impedido por la propia naturaleza de los restos, o en las que existía una gran densidad de artefactos.

En cada unidad se recogía una muestra representativa de la cultura material, el resto de materiales era simplemente contactado y dejado en la unidad.

Un elemento fundamental dentro del SCSP era la elaboración de mapas temáticos que ilustrasen la estrategia de contabilización, recogida y registro mediante SIG. La cerámica se convirtió en

Mapeado del asentamiento medieval de Mitsero Mavrouvounos (derecha). (Abajo) Un análisis en viewshed (véase p. 202) del área cubierta por la prospección: los puntos negros representan asentamientos medievales y modernos y el área oscurecida muestra la zona que resulta visible desde Mitsero.

el material analíticamente más significativo para la evaluación de la importancia de cada unidad de prospección, por lo que los mapas SIG incluían la información relativa a la misma (densidad y distribución). Se empleó un Índice Cerámico (IC) ajustado a la visibilidad del terreno y a otros factores, para señalar la presencia de cada periodo en las unidades. Un IC de entre 500 y 1.000 unidades se interpretaba como indicativo de prácticas agrícolas, como el abonado; un IC de 5.000 indicaría una habitación poco densa, como la existente en una zona de granjas, y uno de 10.000, la densidad de habitación propia de los grandes asentamientos.

En total, se prospectaron 1550 unidades, con una separación entre prospectores de 5 m, que cubrían una extensión total de 6,54 kilómetros cuadrados, un 9,9% de la extensión total del área. La prospección identificó e investigó un total de 11 áreas de especial interés y 142 lugares de especial interés. El total de restos contabilizados ascendió a 87.600 fragmentos de cerámica, 811 fragmentos de teja y 3.092 instrumentos de piedra.

Aproximadamente un tercio del total fue recogido y analizado, siendo introducido en la base de datos del proyecto.

Tanto la base de datos como la información en formato SIG se encuentran actualmente disponibles en el archivo del Archaeological Data Service (ADS; Universidad de York). Por último, el proyecto

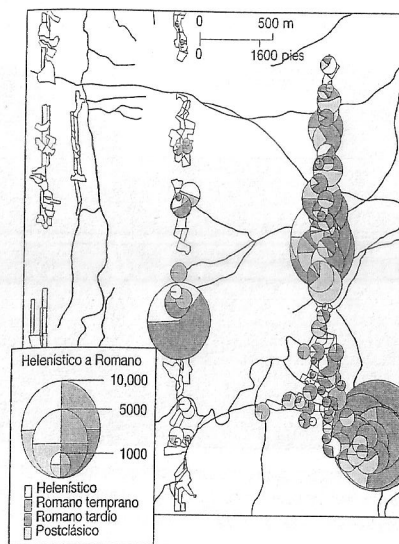
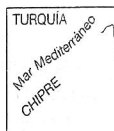


Diagrama de distribución de la cerámica (el Índice Cerámico) de la zona noroeste del área cubierta por la prospección, mostrando sectores de escasa densidad de hallazgos, probablemente producida por el abonado de los campos, el límite de la ciudad de Tamssos, en la esquina inferior derecha, y varios puntos de alta densidad, que se corresponden con fincas o pequeños asentamientos.

integraría el catálogo de cronotipos, el sistema de recogida de información, los análisis cerámicos y los mapas SIG, ofreciendo una nueva perspectiva de la explotación de un paisaje a escala regional. El Índice Cerámico (IC) supuso un salto teórico y metodológico que permitiría el mapeado de la información cerámica de toda una región de forma más rigurosa. El material de análisis basado en los SIG ofrecería un medio dinámico y vivo de expresión de los niveles y los tipos de materiales identificados, que cubrían un periodo de 8.000 años.

Debemos concluir que este estudio, en el que se emplearon 6 años de trabajo para la prospección intensiva de aproximadamente el 10% de un área que apenas superaba los 60 kilómetros cuadrados, obtuvo unos resultados notables. Es cierto que el sistema de catalogación de «cronotipos» se apoyaba en la existencia de una cantidad relativamente abundante de cerámica, y en que ésta era susceptible de clasificación dentro de un sistema tipológico bien establecido. La existencia de un indicador cronológico de este tipo es crucial para cualquier prospección diacrónica.

arqueológicos desenterrados durante la excavación de los metros de Roma y Ciudad de México, fueron incorporados a la arquitectura definitiva de las estaciones.

La prospección superficial. ¿Cómo localiza el arqueólogo los yacimientos, además de utilizar las fuentes documentales y los trabajos de urgencia? Un método convencional y todavía válido consiste en buscar los restos más prominentes del paisaje, sobre todo los vestigios supervivientes de construcciones amuralladas y los túmulos funerarios como los del este de Norteamérica o Wessex, en el sur de Inglaterra. Pero muchos yacimientos son visibles en la superficie solo en forma de artefactos dispersos y precisas, de un examen más minucioso para ser detectados.

Más aún, en los últimos años, a medida que los arqueólogos se han ido interesando en la reconstrucción del uso humano global del paisaje, han comenzado a darse cuenta de que hay dispersiones de artefactos apenas perceptibles, que no podríamos calificar como yacimientos pero que, sin embargo, representan una actividad humana significativa. Algunos investigadores como Robert Dunneil y William Dancey han sugerido así que estas áreas «fuera de yacimientos» o que no constituyen «yacimientos propiamente dichos» (zonas con una baja densidad de artefactos) deberían ser localizadas y registradas, lo que solo se puede hacer mediante una labor sistemática de prospección que implique procedimientos de muestreo cuidadosos.

La prospección de reconocimiento ha ganado importancia debido a otra razón fundamental: el desarrollo de los estudios regionales. Gracias a las investigaciones pioneras de investigadores como Gordon Willey en el Valle de Virú, Perú, y William T. Sanders en la Cuenca de México, los arqueólogos procuran cada vez más estudiar los patrones de asentamiento –la distribución de los yacimientos en el paisaje de una región determinada–. La trascendencia de esta tarea para la comprensión de las sociedades del pasado se abordará más adelante, en el capítulo 5. Aquí queremos señalar su impacto en el trabajo arqueológico de campo: hoy en día, pocas veces se limita el arqueólogo a localizar un yacimiento concreto y a explorarlo y/o excavarlo de forma aislada respecto a otros. Es preciso explorar regiones enteras. Esto supone, necesariamente, un programa de prospección.

En las últimas dos décadas, la prospección ha pasado de ser simplemente una fase preliminar del trabajo de campo, a ser un tipo de estudio más o menos independiente, un área de investigación por derecho propio, que puede generar una información bastante diferente de la que se consigue mediante la excavación. En algunos casos, ésta no puede ser realizada, quizá por la falta de permiso o por la escasez de tiempo o dinero: la excavación moderna es lenta y costosa, mientras que la prospección es barata, rápida, relativamente poco destructiva y solo precisa de mapas, brújulas y cintas métricas. Sin embargo, y por lo general, los arqueólogos eligen deliberadamente un método de superficie

como fuente de información regional, con el fin de investigar cuestiones específicas que les interesan y que la excavación no podría resolver.

La prospección de reconocimiento engloba una amplia variedad de técnicas: no solo la identificación de yacimientos y el registro de artefactos superficiales, sino también el muestreo de los recursos naturales y minerales. Buena parte de la prospección actual se dedica al estudio de la distribución espacial de las actividades humanas, las diferencias regionales, los cambios poblacionales y las relaciones entre el hombre, la tierra y los recursos.

La prospección superficial en la práctica. Para resolver las cuestiones planteadas en función de cada región, es necesario recoger datos según la escala correspondiente, pero de forma que genere el máximo de información con el mínimo de esfuerzo y dinero. En primer lugar, hay que delimitar la región a estudiar: sus fronteras pueden ser naturales, culturales o meramente arbitrarias, aunque los límites naturales son los más fáciles de establecer.

Debe examinarse la historia de la zona para valorar la extensión que puede haber cubierto el material superficial o la que ha sido alterada por los procesos geomorfológicos. No tiene sentido, por ejemplo, buscar material prehistórico en sedimentos depositados solo en época reciente por la actividad fluvial. Otros factores también pueden haber afectado a la evidencia superficial. Por ejemplo, en África, las grandes manadas de animales o sus madrigueras habrán alterado, en numerosas ocasiones, el material de superficie, de forma que el arqueólogo debe ser capaz de examinar solo los patrones de distribución muy generales. Los geólogos y especialistas en medio ambiente pueden proporcionar, por lo general, un útil asesoramiento al respecto.

Esta información previa nos ayudará a determinar la intensidad del alcance superficial de la prospección. Otros factores a tener en cuenta son el tiempo, los recursos disponibles y la dificultad real para cubrir y registrar un área. Los entornos áridos o semiáridos con escasa vegetación son los más adecuados para este tipo de trabajo, mientras que en las selvas ecuatoriales la prospección puede verse limitada a los terrenos despejados que bordean a los bancos fluviales, salvo que el tiempo y el trabajo permitan la apertura de caminos para formar una red de exploración. Por supuesto, muchas regiones incluyen paisajes diversos y una estrategia simple de prospección suele ser insuficiente para cubrirlos. Es preciso una flexibilidad del método, «estratificando» el área en zonas de diferente visibilidad y elaborando una técnica adecuada para cada una de ellas. Además, debemos recordar que algunas etapas arqueológicas (con estilos característicos de artefactos o cerámica) son más «visibles» que otras, y que los cazadores-recolectores nómadas o las comunidades pastorales dejan en el paisaje una impronta muy distinta –y más dispersa– que las comunidades agrícolas o urbanas (véase Cap. 5).



Equipo de prospección: uso de una Estación Total, que es capaz de registrar la ubicación de un punto en tres dimensiones y que incorpora un Medidor Electrónico de Distancia (MED), durante una prospección en Escocia.

Otro punto a considerar es si se debe recoger el material o simplemente examinarlo para determinar sus asociaciones y contexto (en los lugares en que el contexto está alterado la recogida suele constituir la opción más sensata). Y esta recogida, ¿debe ser total o parcial? Por lo general, se emplea un método de muestreo (véase cuadro, pp. 80-81).

Existen dos tipos básicos de prospección superficial, el *asistemático* y el *sistemático*. El primero es el más sencillo e incluye el recorrido a pie de cada zona del área, la exploración de la franja de terreno de la trayectoria de cada prospector, la recogida o examen de los artefactos superficiales y el registro de su localización junto con la de cualquier estructura del terreno. Sin embargo, hay la conciencia de que los resultados pueden ser parciales o erróneos. Los prospectores tienen el deseo inevitable de encontrar material y, por tanto, tenderán a concentrar su atención en aquellas zonas que parezcan más ricas, más que en obtener una muestra representativa del conjunto del área, que permitiría al arqueólogo valorar la distribución del material de periodos o tipos diferentes. Por otro lado, el método es flexible, permitiendo que el equipo se centre en aquellas áreas en las que existen más probabilidades de encontrar hallazgos.

Por lo tanto, la prospección más moderna se hace de modo sistemático, empleando bien un sistema de red o bien una serie de recorridos equidistantes. El área a estudiar se divide en sectores y éstos se recorren sistemáticamente. De este modo, ningún área queda sub o sobrerrepresentada en la exploración. Este método también facilita la situación exacta de los hallazgos, dado que siempre se conoce la posición exacta de cada uno. Se puede lograr una exactitud todavía mayor subdividiendo los recorridos en unidades de longitud fija, algunos de los cuales pueden ser reexaminados posteriormente.

Los resultados tienden a ser más fiables en proyectos a largo plazo que cubren la región reiteradamente, ya que la visibilidad de los yacimientos y artefactos puede variar enormemente de un año para otro o, incluso, según la estación, debido a la vegetación y a los cambios en el uso de la tierra. Además, los miembros del equipo de campo difieren, inevitablemente, en la exactitud de sus observaciones y en su habilidad para reconocer y describir yacimientos (según el cuidado con que observen, la experiencia que tengan, la mejor vista); este factor nunca puede ser rechazado de plano, pero la cobertura reiterada puede contrarrestar sus efectos. El empleo de formas de registro normalizadas facilita la informatización de los datos en una fase posterior.

Para terminar, puede ser necesaria o aconsejable la realización de pequeñas excavaciones o sondeos para complementar o comprobar los datos superficiales (sobre todo para cuestiones de cronología, contemporaneidad o función del yacimiento) o para contrastar las hipótesis que hayan surgido a partir de la prospección. Ambos tipos de investigación son complementarios, no se excluyen mutuamente. Su principal diferencia es la siguiente: la excavación nos dice mucho sobre una pequeña parte de un yacimiento y solo puede realizarse una vez, mientras que la prospección nos dice un poco de una gran cantidad de yacimientos y puede repetirse.

La prospección extensiva e intensiva. Las prospecciones pueden realizarse de un modo más extensivo combinando los resultados procedentes de una serie de proyectos individuales en regiones adyacentes, con el fin de conseguir perspectivas más amplias de los cambios en el paisaje, el uso de la tierra y los asentamientos a lo largo del tiempo –aunque, como sucede con cada componente de un equipo de campo, la exactitud y calidad de los distintos proyectos de prospección pueden variar enormemente–. Se han llevado a cabo síntesis notables de estudios regionales en zonas de Mesoamérica (Cap. 13) y Mesopotamia, áreas con una larga tradición en trabajos de este tipo.

En Mesopotamia, por ejemplo, la labor pionera de Robert Adams y otros, que combinaba la prospección superficial y aérea, ha proporcionado una imagen del cambio temporal en el tamaño y espaciamiento entre los asentamientos que condujo a la aparición de las primeras ciudades: las aldeas agrícolas dispersas se apiñaron a medida que creció la población y con el tiempo, en el Periodo Dinástico Antiguo (III milenio a.C.), habían surgido importantes centros de distribución, conectados entre sí por rutas de comunicación. Este trabajo ha puesto también al descubierto acequias y canales antiguos e, incluso, posibles zonas de cultivo. Como alternativa, puede realizarse una prospección más intensiva buscando cubrir totalmente un yacimiento extenso o una aglomeración de ellos –lo que podríamos llamar prospección microrregional–. Constituye un paradoja que algunos de los yacimientos arqueológicos más grandes

y famosos del mundo no hayan sido jamás estudiados de este modo, o solo recientemente; ya que, normalmente, se prestaba más atención a la grandiosidad de los propios monumentos que a insertarlos en un contexto local. En Teotihuacán, cerca de Ciudad de México, el proyecto más importante de elaboración de un mapa, que se inició en los años 60, ha aumentado en gran medida nuestro conocimiento del área que circunda a los grandes templos-pirámide (pp. 95-96).

La prospección superficial ocupa una posición vital en el trabajo arqueológico y su importancia sigue aumentando. Sin embargo, en los proyectos actuales suele ir acompañada (y a menudo precedida) de un reconocimiento aéreo, que constituye uno de los avances más destacados de la arqueología de este siglo.

El reconocimiento aéreo

Debemos recalcar que el reconocimiento aéreo, sobre todo la fotografía, se utiliza para la localización de yacimientos, siendo más importante para su registro e interpretación y para la supervisión de los cambios producidos en ellos a lo largo del tiempo. Sin embargo, la fotografía aérea ha sido responsable de un buen número de descubrimientos y continúa localizando más yacimientos cada año.

La fotografía aérea. Las primeras aplicaciones arqueológicas importantes de esta técnica se produjeron a principios de siglo, con las fotografías de la ciudad romana de Ostia sacadas desde un globo, y en 1913, cuando sir Henry Wellcome tomó vistas verticales de su excavación en el Sudán mediante una corneta en forma de caja. La Primera Guerra Mundial proporcionó gran ímpetu a la técnica, cuando arqueólogos, como O. G. S. Crawford, en Inglaterra, se dieron cuenta de que las fotografías aéreas tomadas desde aeroplanos y globos podían ofrecer, por primera vez, una perspectiva general de los monumentos históricos.

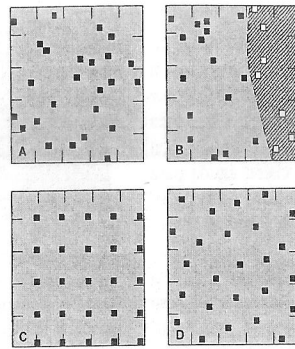
En Siria, desde 1925, el padre Antoine Poidebard comenzó a trazar las antiguas rutas caravaneras que conducían a las defensas fronterizas romanas del desierto; utilizando la observación aérea, descubrió muchos fuertes y carreteras desconocidos. También demostró que se podían localizar desde el aire los yacimientos subacuáticos, dando a conocer, por vez primera, el antiguo puerto sumergido de Tiro, en el Líbano –estudio que fue complementado con una prospección realizada por buceadores y con una excavación parcial. El trabajo de Poidebard fue seguido por Erich Schmidt en Irán en la década de los treinta. Sus fotografías sirvieron para documentar excavaciones que se hallaban en progreso y yacimientos sobre los que se tenía pensado intervenir, además de hacer vuelos de reconocimiento sobre áreas aún no estudiadas. De forma similar, en 1927, aviones militares fotografiaron, a través del agua, las estructuras de postes de roble del Bronce Final del lago Neuchâtel, en

ESTRATEGIAS DE MUESTREO

Generalmente, los arqueólogos no disponen del tiempo y presupuesto necesarios para estudiar la totalidad de un yacimiento extenso o todos los yacimientos de una región. Es preciso recurrir a algún tipo de muestreo. Pero ¿qué tipo?

Si el objetivo se cifra en ser capaces de extraer conclusiones generales sobre un yacimiento o región a partir del muestreo de áreas pequeñas, se utilizarán los métodos estadísticos. Éstos se basan en la teoría de probabilidades, de ahí el nombre de **muestreo probabilístico**. Mediante métodos matemáticos, los arqueólogos intentan incrementar las probabilidades de que las generalizaciones hechas a partir de las muestras sean correctas. Ésta es la técnica empleada por los sondeos de opinión pública, que seleccionan a menos de 2.000 personas con la intención de generalizar el resultado. Los sondeos resultan ser erróneos a menudo, sin embargo, y sorprendentemente, muchas veces tienen más o menos razón. Esto ocurre porque la estructura de las poblaciones sometidas al muestreo es conocida, mientras que en el caso de la arqueología, ésta será desconocida. Al igual que en los sondeos de opinión, en el trabajo arqueológico cuanto más amplia y precisa sea la muestra, más probabilidades habrá de que los resultados sean válidos.

La alternativa consiste en adoptar un enfoque no probabilístico: el **muestreo no probabilístico**. Algunos yacimientos de una región determinada pueden ser más accesibles o destacar más en el paisaje, lo que daría lugar al diseño de un plan de investigación que, desde el punto de vista formal, sería menos científico. Los largos años de experiencia de campo darán a algunos arqueólogos una «noción» intuitiva de los lugares adecuados para realizar el trabajo. Pero si queremos saber, de forma cuantitativa, hasta qué punto es representativo el muestreo de un yacimiento o región, es necesario recurrir a algún tipo de muestreo probabilístico.

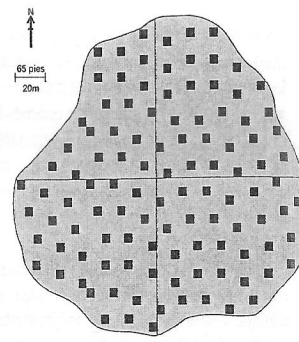


Tipos de muestreo: (A) aleatorio simple; (B) aleatorio estratificado; (C) sistemático; (D) sistemático estratificado.

Tipos de muestreo probabilístico

El método más sencillo es el **muestreo aleatorio simple**, en el que las zonas a muestrear se eligen mediante una tabla de números al azar. Puede servir de ejemplo el estudio de la aldea de Tierras Largas, en las tierras bajas de Oaxaca, México, perteneciente al periodo Formativo; Marcus Winter se propuso delimitar la superficie total y las plantas de las casas de este yacimiento de 3.000 años de antigüedad, situado en lo que era solo un campo arado. En primer lugar, definió el *universo de muestreo* (los límites del yacimiento) en base a los fragmentos dispersos. Luego, eligió las *unidades de muestreo* (el tamaño de los cuadrados del reticulado). Una pequeña excavación de sondeo inicial le llevó a pensar que bastaría con cuadrículas de 2 m de lado para ilustrar las estructuras significativas enterradas en el subsuelo.

Finalmente, tuvo que determinar qué tamaño de *fracción de muestreo* sería suficiente (cuántas cuadrículas investigar), teniendo en cuenta que cuantas más cuadrículas se estudiaran, más precisas serían las predicciones. Sobre este punto, estimó, partiendo del tamaño medio de las casas conocidas del periodo Formativo, que abarcarían menos del 5% de la superficie del



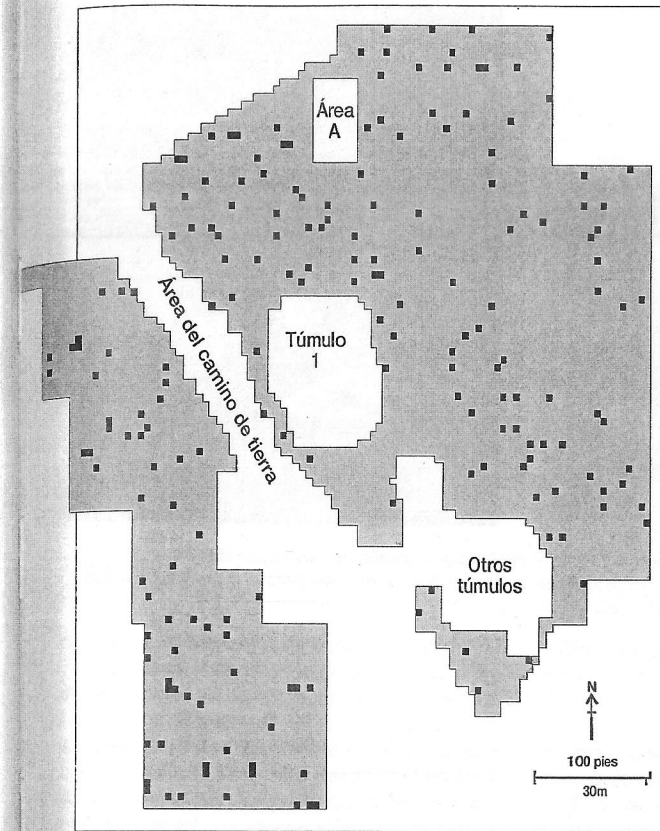
Muestreo sistemático estratificado de cuadrículas de 5 m de lado, seleccionadas para la investigación de Girik-i-Hacıyan, Turquía.

yacimiento. Con una tasa estimada de menos del 5% de las 5.000 cuadrículas en las que dividió el yacimiento calculó, mediante tablas estadísticas, que bastaría una muestra de 197 cuadros.

Éstos fueron seleccionados utilizando una tabla de números aleatorios. A partir de ésta muestra fue capaz de calcular el número de casas, hoyos, enterramientos y otras estructuras que se podrían encontrar si se dejase todo el yacimiento al descubierto.

Este método tiene sus inconvenientes. En primer lugar, supone definir de antemano los límites del yacimiento, que no siempre se conocen con certeza. En segundo lugar, la naturaleza de los números aleatorios hace que en algunas zonas se produzcan acumulaciones de cuadrículas, mientras otras permanecen intactas—por lo tanto, la parcialidad es intrínseca al muestreo.

Una alternativa para solventar esta problemática es el **muestreo aleatorio estratificado**, en el que la región o yacimiento se divide teniendo en cuenta sus zonas naturales (estratos), como tierra cultivada y bosque, y se seleccionan las cuadrículas con base en el mismo procedimiento de números aleatorios, con la diferencia de que se asigna a cada zona un número de cuadros proporcional a su



superficie. De esta forma, si el bosque abarca el 85% del área, se le debe asignar el 85% de las cuadrículas.

Otra solución, el **muestreo sistemático**, supone la selección de un entramado de puntos equidistantes (p. ej., eligiendo un cuadrado de cada dos).

Adoptando este tipo de espaciación regular, se corre el riesgo de errar (o acertar) todas las muestras sin excepción en un patrón de distribución uniforme—esto constituye otra fuente potencial de parcialidad.

Más satisfactorio es utilizar un **muestreo sistemático estratificado**, que combina elementos de las tres técnicas ya descritas. En la recogida de los artefactos superficiales del gran yacimiento en tell, o montículo, de Girik-i-Hacıyan, Turquía, Charles Redman y Patty Jo Watson emplearon un reticulada de 5 m², pero lo

orientaron siguiendo los ejes principales N-S/E-O del yacimiento y eligieron las muestras tomándolos como referencia. Los estratos adoptados fueron bloques de 9 cuadrículas (3 x 3) y escogieron para su excavación una de cada bloque, seleccionando sus coordenadas N-S/E-O con base en una tabla de números aleatorios. Este método no solo asegura un conjunto imparcial de muestras, distribuidas más equitativamente por toda la superficie del yacimiento, sino que hace innecesario definir sus límites, ya que se puede ampliar el reticulada en cualquier dirección.

En las prospecciones a gran escala, a veces son preferibles los *transectos* (trayectorias lineales). Esto resulta cierto, sobre todo, en áreas de vegetación densa, como las selvas tropicales. Es mucho más sencillo caminar a lo largo

Muestreo aleatorio simple de cuadrículas seleccionadas para su excavación en Tierras Largas, México.

de una serie de trayectorias que localizar con exactitud y estudiar gran número de cuadrículas al azar. Además, los transectos pueden dividirse en unidades, mientras que puede resultar difícil localizar o describir una zona concreta de un cuadrado; los transectos no solo son útiles para encontrar yacimientos, sino también para registrar la densidad de artefactos en el paisaje. Por su parte, las cuadrículas tienen la ventaja de presentar un área mayor para su investigación, incrementándose la probabilidad de detectar yacimientos. Lo mejor suele ser una combinación de los dos métodos: utilizar transectos para cubrir distancias largas y cuadrículas cuando se tropiece con concentraciones importantes de material.

Stephen Plog ha puesto a prueba los cuatro métodos de muestreo descritos en los mapas de distribución del Valle de Oaxaca, México, en un intento de valorar comparativamente su eficacia en la predicción del número total de yacimientos, a partir de un muestreo del 10%. Llegó a la conclusión de que los muestreos sistemático y sistemático estratificado eran un poco más eficientes que las técnicas de muestreo aleatorio simple o estratificado. Sin embargo las diferencias no son significativas estadísticamente y, por tanto, los arqueólogos pueden recurrir a los métodos más sencillos en la mayoría de los casos.

Hay que tener en cuenta el riesgo de que el muestreo probabilístico, utilizado por sí solo en la prospección regional podría ser incapaz de localizar un yacimiento importante—uno que puede haber dominado, en su momento, toda la región—. Allí donde sea probable que exista una jerarquía de yacimientos, unos mayores y más poderosos que otros, la medida más prudente para descubrir los yacimientos destacadas es combinar el muestreo probabilístico con la prospección convencional. Para una discusión más detallada, véase Cap. 5.



Los precoces ejemplos de fotografía aérea. (Izquierda) La primera fotografía aérea de Stonehenge (o de cualquier otro yacimiento arqueológico), tomada desde un globo en 1906. (Derecha) Las diferencias en los cultivos ponen de manifiesto los enormes terraplenes de Poverty Point, Louisiana, fechados entre el 1500 y el 700 a.C.

Suiza. En América, Alfred Kidder voló en 1929 con el pionero de la aviación Charles Lindbergh sobre el centro y este de Yucatán, en México, y descubrió media docena de yacimientos nuevos.

Desde sus comienzos, la fotografía aérea se ha desarrollado hasta convertirse en una de las ayudas más valiosas para la arqueología. Tras la caída del Telón de Acero en 1989 se han abierto nuevas oportunidades en la Europa central y oriental. Hasta esa fecha los vuelos estaban restringidos y los reconocimientos arqueológicos no estaban permitidos. La considerable actividad que se ha venido desarrollando sobre el aire de las antiguas zonas soviéticas en los últimos años demuestra que éstas estaban tan densamente pobladas como las zonas de Gran Bretaña o Europa occidental que mejor conocemos. Estos proyectos están empezando a reconocer paisajes enteros. El Grupo de Investigación de Arqueología Aérea ha impartido cursos de fin de semana en Hungría (1996) y Polonia (1998), con la intención de introducir la fotografía aérea, la interpretación y la elaboración de mapas en los países del antiguo Pacto de Varsovia, habiendo obtenido un gran éxito. De hecho, en el 2002 se publicó en Polonia el primer libro dedicado a la fotografía aérea en arqueología. Desde esa fecha se ha mantenido una considerable actividad en el plano de la fotografía aérea oblicua y la fotointerpretación, con objetivos que van desde la conservación hasta la arqueología de urgencia. Las nuevas evidencias obtenidas están sirviendo para complementar aquellas derivadas del programa polaco AZP (un proyecto a largo plazo para prospeccionar toda la superficie del país) mediante

la identificación de yacimientos ya conocidos por los hallazgos de artefactos dispersos en superficie, mediante el reconocimiento de las huellas en los cultivos. Uno de los resultados más importantes de los obtenidos gracias a las nuevas fotografías aéreas es la demostración de que las casas alargadas del Neolítico suelen agruparse en aldeas, ya que un proyecto de excavación de urgencia solo garantiza la localización y excavación de ejemplos aislados. Recientemente, Ioana Oltean y Bill Hanson han hecho un uso intensivo de la fotografía aérea en Rumania, donde investigan el patrón de asentamiento en los periodos prerromano y romano, así como el impacto del ser humano sobre el paisaje local y los cambios introducidos en éste durante la ocupación romana.

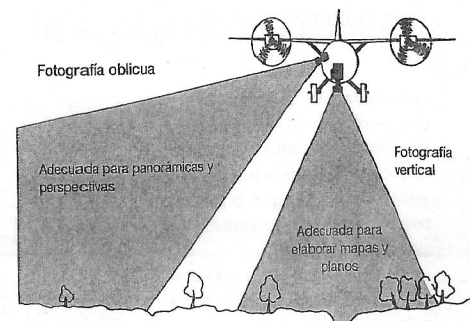
En Gran Bretaña y Europa, las fotografías aéreas se encuentran sobre todo en bibliotecas especializadas, que pueden custodiar colecciones regionales o grandes colecciones nacionales, como la Biblioteca Nacional de Fotografía Aérea en Inglaterra. Los fondos de esta última suman en la actualidad 750.000 fotografías oblicuas especializadas, fechadas entre 1906 y la actualidad, y más de 3 millones de fotografías verticales, realizadas entre 1940 y 1990. Muchas fotografías, tanto antiguas como modernas, realizadas en Gales y Escocia, pueden ser consultadas en internet (<http://www.rcahms.gov.uk>). Esto también es posible en algunos estados y colecciones de los EEUU (por ejemplo, Illinois: (http://images.library.uiuc.edu/projects/aerial_photos/), donde numerosas fotografías antiguas han sido escaneadas para asegurar su conservación y publicadas en internet. Las fotografías de reconocimiento realizadas en Europa durante la Segunda

Guerra Mundial están disponibles en los Archivos Nacionales de los EEUU, en Maryland y en la universidad de Keele (Reino Unido). Éstas han sido de utilidad para varios investigadores de la arqueología europea.

¿Cómo se emplea la fotografía aérea? Las fotografías tomadas desde el aire son simples herramientas, medios para lograr un fin. No revelan yacimientos por sí solas, sino que son el fotógrafo y el intérprete quienes lo hacen, examinando el terreno y las imágenes. Es una tarea especializada. Son necesarias una gran experiencia y una visión aguda para diferenciar los vestigios arqueológicos de otras estructuras, como las rutas de vehículos y los antiguos lechos fluviales y canales.

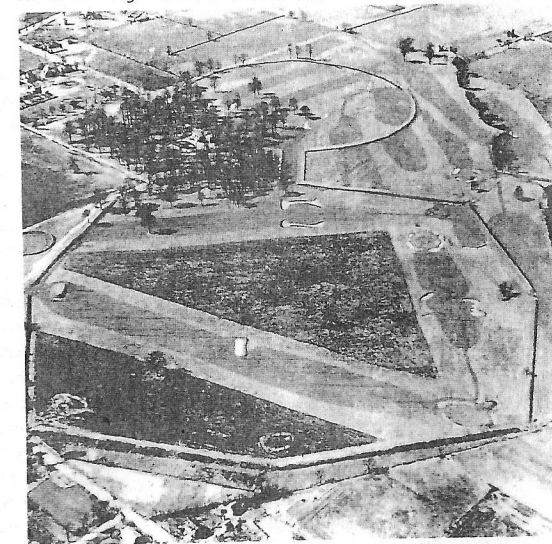
Existen dos tipos de fotografía aérea: la oblicua y la vertical. Cada uno de ellos tiene ventajas y desventajas, pero normalmente las oblicuas son tomadas por los propios arqueólogos sobre yacimientos que se creen significativos, mientras que la mayoría de las fotografías verticales son producto de prospecciones no arqueológicas (por ejemplo, cartográficas). También puede utilizarse la superposición de fotografías para crear un efecto estereoscópico, de modo que los yacimientos y paisajes se vean en tres dimensiones. Por ejemplo, las imágenes estereoscópicas tomadas en la antigua ciudad de Mohenjodaro, en Pakistán, desde un globo amarrado, han permitido la elaboración de planos fotogramétricos –de contornos bastante exactos– de sus construcciones supervivientes. De modo parecido, pueden explorarse áreas de gran tamaño con fotografías superpuestas, que son incluidas en un mapa fotogramétrico básico, muy preciso, de todos los datos arqueológicos identificados desde el aire. Así, puede realizarse la exploración analítica del terreno sobre una base mucho más firme.

En el cuadro explicamos qué hace posible la identificación de yacimientos desde el aire, y como se interpretan (pp. 84-85). Mientras las fotografías oblicuas permiten reconocer claramente las estructuras arqueológicas, es posible que las verticales deban ser examinadas por un especialista pues muestran una imagen casi plana, que permite la realización de mediciones y la elaboración de mapas con una relativa facilidad, aunque si la cantidad de información que contienen es amplia es más eficiente aplicar métodos de rectificación informática. Estos programas fueron concebidos originalmente para depurar las escalas y las distorsiones producidas por la perspectiva en las fotografías oblicuas, pero también pueden utilizarse para interpretar escalas en fotografías verticales. Para ello, se hacen coincidir determinados hitos conocidos en fotografía y plano, lo que permite la rectificación de la información arqueológica sobre el plano. Este tratamiento informático (conocido en los EEUU como georeferenciación) es un método habitual para la elaboración de mapas de estructuras arqueológicas reconocidas gracias a la fotografía aérea en Gran Bretaña y Europa. Un mapa de un yacimiento a una escala de 1:2.500,



(Sobre estas líneas) Existen dos tipos de fotografía aérea: oblicua y vertical. Cada una tiene ventajas distintas. Las panorámicas oblicuas revelan contornos y proporcionan una mayor perspectiva. Las verticales son las más idóneas para trazar planos y mapas.

(Abajo) Fotografía aérea oblicua de los túmulos de Newark, Ohio. Son claramente visibles un octógono y un círculo unidos por una pequeña franja de terreno, además de los pequeños túmulos en los vértices del octógono.



por ejemplo, puede ser considerablemente detallado, ofreciendo una precisión de ± 2 m, y habilitando la medición y la comparación de las estructuras, siendo esencial para una ubicación precisa y poco costosa de zanjas de excavación. Cuando el terreno es ondulado o presenta un relieve muy accidentado, puede hacerse una modelación digital del terreno (haciendo un modelo en 3-D del mismo basado en los contornos) para su procesamiento informático.

Tras estos ajustes informáticos, puede darse forma definitiva al plano resultante mediante el uso de alguno de los programas gráficos disponibles en el mercado, o editado e

DESCUBRIR YACIMIENTOS MEDIANTE FOTOGRAFÍA AÉREA

Las fotografías aéreas verticales y las fotografías de alta resolución obtenidas desde satélite, cubren buena parte del planeta –y son de fácil acceso, por ejemplo, a través de Google Earth–. Antes de iniciar un proyecto arqueológico es conveniente examinar dichas imágenes en busca de evidencias arqueológicas, dado que pueden proporcionarnos interesantes indicaciones para el trabajo de campo. El arqueólogo también puede examinar el terreno desde una aeronave en busca de yacimientos y paisajes antiguos. Las fotografías son normalmente oblicuas y se toman a mano. Éste es un proceso selectivo, que implica la aplicación del juicio del arqueólogo, en contraste con el enfoque no selectivo que subyace tras la prospección vertical. Lo habitual es la obtención de encuadres simples de un yacimiento o estructura, aunque las parejas estereoscópicas de fotografías oblicuas facilitan la interpretación posterior. Las fotografías oblicuas reflejan los yacimientos en el contexto de su paisaje y pueden ser empleadas para la elaboración de mapas arqueológicos.

¿Cómo se ven los yacimientos desde el aire?

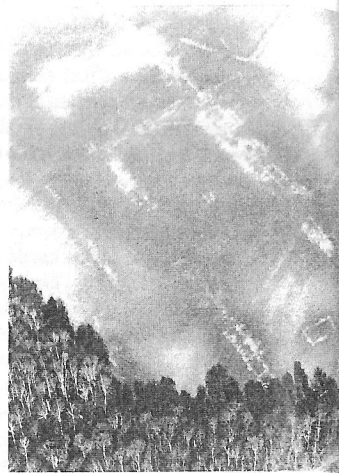
Aquellos que utilicen la fotografía aérea deben comprender mediante qué procesos la evidencia se hace visible, para poder así determinar el tipo de estructura identificada. Convencionalmente, las estructuras fotografiadas desde el aire se describen en función de la forma en que se manifiestan, por ejemplo, como «taludes», «marcas sobre el suelo» o «marcas sobre los cultivos», y no de la realidad arqueológica a la que representan. Resulta mucho más útil completar la descripción,

Taludes vistos desde el aire: la colina fortificada de la Edad del Hierro de Maiden Castle, en el sur de Inglaterra, cuyas complejas laderas pueden apreciarse en relieve gracias a las sombras proyectadas por los enormes bancales de tierra. Esta fotografía aérea también permite apreciar otra interesante estructura: una trinchera neolítica (poco profunda) que corre a través del centro del fuerte.

por ejemplo, «taludes indicando la presencia de las rampas de un recinto» o «marcas en el terreno correspondientes a un túmulo funerario arrasado» o «marcas en los cultivos correspondientes a un posible asentamiento».

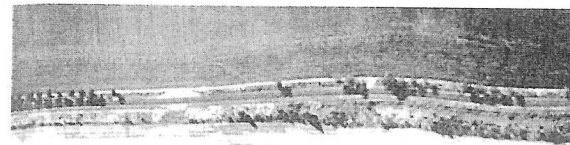
Taludes. Con este término no solo nos referimos a los propios taludes, sino también a las zanjas o muros de piedra que puedan asociarseles y, en realidad, a cualquier estructura que pueda ser apreciada en relieve. Normalmente, desde el aire estas estructuras se manifiestan como sombras –efecto que depende de las condiciones climatológicas y de iluminación en el momento de la realización de la fotografía–. Las parejas estereoscópicas también las muestran en relieve. Dichas estructuras también pueden verse delatadas por la vegetación presente en los taludes y las zanjas, por la diferente pauta de deshielo o por la acumulación de agua en épocas de inundación. Por tanto, la hora del día y la época del año son importantes en la identificación de este tipo de yacimientos.

Marcas en el terreno. Las marcas en el terreno revelan la presencia de zanjas, túneles o cimientos enterrados mediante los cambios en el color del subsuelo producidos cuando un arado tropieza con una estructura sepultada y



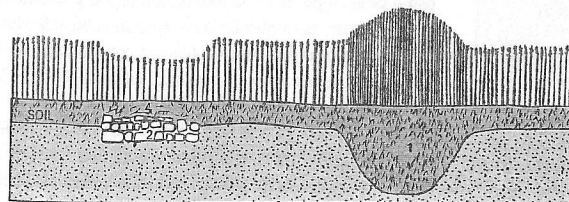
El arado de invierno ha descubierto los cimientos calizos de esta villa galo-romana de Francia. Este proceso de destrucción ha servido de hecho para descubrir la planta de sus principales estructuras gracias al contraste con el color oscuro del terreno.

voltea fragmentos de la misma y los deposita en la superficie. La mayor parte de los yacimientos visibles gracias a las marcas sobre el terreno están siendo destruidos por las prácticas agrícolas. Resultan especialmente visibles en fotografías tomadas durante los meses de invierno. Es posible que los suelos desnudos muestren estructuras a través



Las marcas en los cultivos (arriba) revelan claramente dos anillos concéntricos formados por zanjas que rodean un recinto en Merzien, Sachsen-Anhalt, Alemania. Ambos círculos presentan discontinuidades, por lo que pueden ser de época neolítica. Nótese también las marcas de pozos y polígonos provocadas por la acción periglacial en el subsuelo de grava.

Sistema de formación de las huellas en los cultivos (abajo): las cosechas crecen más altas y densas sobre estructuras enterradas, como los fosos (1), y muestran un crecimiento atrofiado sobre los muros sepultados (2). Tales variaciones no resultan evidentes al nivel del suelo, pero suelen ser visibles desde el aire.



3 ¿Dónde? Prospección y excavación...

de la retención de humedad –marcas de humedad– o mediante diferencias en las propiedades térmicas, que afectan al deshielo de la nieve y la escarcha.

Marcas en los cultivos. Estas marcas se producen cuando la existencia de un muro o zanja soterrada afecta al crecimiento de un cultivo incrementando o reduciendo la humedad y los nutrientes disponibles al modificar la profundidad del suelo del que dependen los cultivos. Determinados cultivos, como el trigo, la cebada y algunos tubérculos ofrecen un medio perfecto para reflejar estructuras en el subsuelo. La respuesta es sin embargo muy delicada, y depende de variables como el tipo y las condiciones del suelo, el clima durante la fase de germinación, el tipo de cultivo y el tipo de prácticas agrícolas. Así, mientras las estructuras pueden ser claramente visibles un año, pueden ser invisibles el siguiente. Por ello, conocer las prácticas agrícolas recientes, y no tan recientes, de la zona, resulta especialmente útil para la evaluación del potencial de un sembrado aparentemente vacío. Por otro lado, algunos tipos de estructuras no producen marcas en los cultivos.

Fotointerpretación y elaboración de mapas.

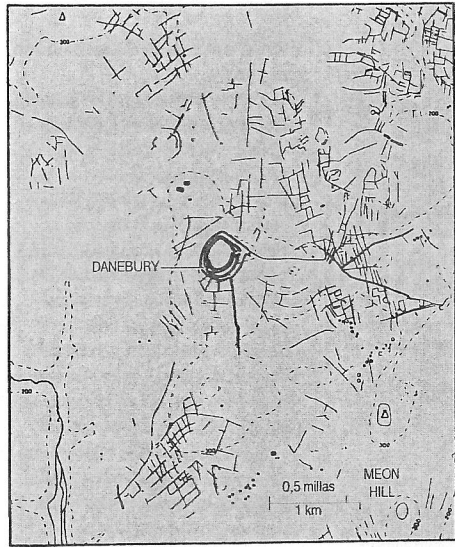
La interpretación es el proceso de análisis de las evidencias fotografiadas desde el aire, para la deducción del tipo de estructuras arqueológicas que las producen. Dado que la visibilidad de las estructuras cambia año tras año, la elaboración de un plano preciso exige el examen de fotografías tomadas en años distintos. Dichos planos pueden servir para guiar la excavación de los puntos clave de una estructura, para colocar la información recogida sobre el terreno en su contexto adecuado o como punto de partida de una línea de investigación.

Las fotografías aéreas también pueden utilizarse para producir un mapa en el que se incluyan las estructuras ya conocidas. En el pasado, se dibujaban sobre hojas transparentes que se situaban sobre los mapas que ofrecían información topográfica o de otro tipo, pero los sistemas más actualizados integran esta información en los SIG (véanse pp. 91-95).

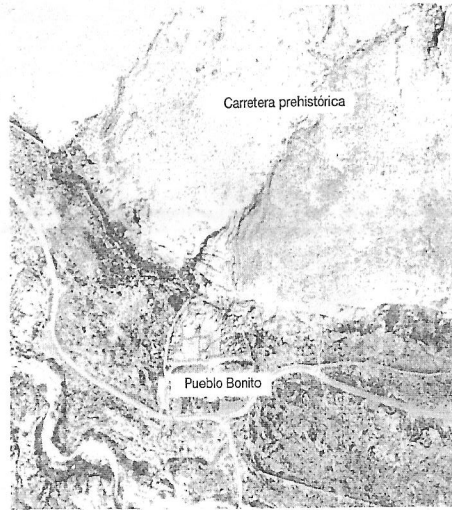
incorporado a un registro SIG (Sistemas de Información Geográfica).

En ocasiones, la arqueología de urgencia requiere de la elaboración de mapas de yacimientos individuales, que también puede ser el primer paso para el mapeado y el estudio de paisajes. La fotografía aérea es frecuentemente el único medio que hace posible el estudio de grandes áreas. En Gran Bretaña, Rog Palmer empleó miles de fotografías individuales para elaborar detallados mapas de un área de 450 km² en torno al fuerte de Danebury, de la Edad del Hierro. Los mapas muestran como el yacimiento se encuentra en una zona ocupada por complejos paisajes agrícolas, en la que existen al menos otros 8 fuertes. Las marcas sobre los cultivos y el terreno (véase cuadro, pp. 84-85) permitieron la identificación de 120 propiedades agrícolas demarcadas por zanjas, cientos de acres cubiertos por pequeños campos distribuidos regularmente, y 240 km lineales de zanjas y cercados, muchos de los cuales eran más o menos contemporáneos con Danebury a juzgar por su forma y por los hallazgos en superficie. Después de dedicar 20 años a la excavación de Danebury, Barry Cunliffe desvió su atención hacia el paisaje circundante, empleando la información obtenida de los mapas para encauzar su Danebury Environs Programme. Desde 1989, este programa ha venido examinando un reducido número de yacimientos y las relaciones existentes entre ellos.

Aunque la existencia de carreteras prehistóricas en el cañón del Chaco en el Sudoeste americano era un hecho cono-



Mapa con los elementos del paisaje en torno a Danebury, una fortificación de la Edad del Hierro en el sur de Gran Bretaña (siglos vi-ii a.C.), elaborado a partir de una prospección aérea. Pueden verse detalles de los antiguos terrenos de cultivo, caminos y cercados.



Cañón del Chaco y su sistema de carreteras, visible desde el aire.

cido, la extensión total de este sistema viario solo pudo apreciarse gracias a un proyecto de reconocimiento aéreo puesto en marcha por el Sistema Nacional de Parques en los años setenta. Gracias a la gran cobertura ofrecida por la fotografía aérea pudo identificarse y mapearse toda una red de caminos prehistóricos, que fueron posteriormente objeto de reconocimientos selectivos de superficie e intervenciones arqueológicas. Se ha estimado, a partir de los resultados obtenidos por el reconocimiento aéreo, que esta red, fechada en los siglos xi y xii d.C., se extiende por 2400 km, aunque de éstos solo 208 km han sido verificados en superficie.

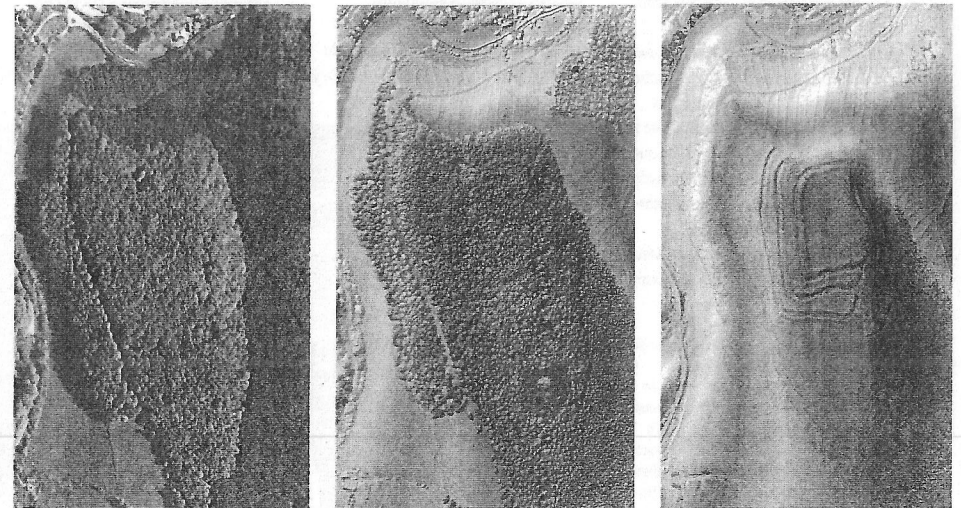
Avances recientes de la fotografía aérea. La nueva tecnología también ha tenido un fuerte impacto sobre la fotografía aérea en diversas formas. El realce de la fotografía mediante ordenadores mejora su intensidad y contraste. También se ha desarrollado la manipulación digital de imágenes, que permite ajustar una sola imagen, sea oblicua o vertical, a la cartografía área. También existen programas que permiten la transformación y combinación de varias imágenes, lo que resulta especialmente útil cuando un yacimiento se encuentra entre dos sembrados en los que se han fotografiado huellas en los cultivos en años diferentes. Estas imágenes tipo plano facilitan por tanto la fotointerpretación y la elaboración de mapas. El empleo de la información obtenida desde el aire como capa SIG en combinación con los datos topográficos y la información arqueológica disponible puede llevar a alcanzar resultados muy fructíferos.

Aunque la mayor parte de las fotografías de las que disponemos han sido tomadas sobre película en los últimos años los sensores digitales han alcanzado una calidad sufi-

ciente como para ser utilizados en las cámaras verticales de precisión y en las cámaras manuales empleadas por los arqueólogos. En el caso de estas últimas, una resolución superior a 10 megapíxeles resulta más que suficiente para los propósitos que persigue la arqueología. Además, en la actualidad, los vuelos, sean para realizar un barrido de capturas verticales sucesivas o para examinar un área seleccionada por un arqueólogo, se sirven de los sistemas de navegación GPS para facilitar el registro y la elaboración de mapas. La trayectoria del vuelo arqueológico queda registrada a intervalos regulares, lo que permite trazar una línea continua sobre el terreno que ha sido sobrevolado y examinado. Además, las cámaras Nikon más modernas pueden enlazarse al GPS, estableciendo las coordenadas de cada fotografía en un archivo Exif, y facilitando la localización de las capturas una vez que el arqueólogo está de vuelta en tierra.

En la actualidad existe la tendencia a georeferenciar y combinar fotografías verticales y de satélite para su tratamiento mediante SIG. Aunque este procedimiento ofrece una útil información comparativa, resulta inadecuado para la interpretación de las fotografías, que es más eficiente cuando se emplean tiras de imágenes estereoscópicas, siendo además habitual que la exposición de las imágenes del hemisferio septentrional esté orientada al norte, cuando lo ideal es que esté orientada de forma que las sombras caigan en dirección al objetivo. La fotointerpretación y la fotogrametría han experimentado una larga evolución orientada a facilitar la lectura de fotografías aéreas, y muchos usuarios de SIG se han beneficiado de los «trucos» desarrollados en esta fase anterior.

Funcionamiento de LIDAR: la colina fortificada de Welshbury, en el Bosque de Dea n, Inglaterra, resulta prácticamente invisible para la fotografía aérea convencional (izquierda). Las mejoras que ofrece la imagen LIDAR inicial son casi inapreciables (centro), pero una vez que los reflejos procedentes del follaje y de los árboles («primera respuesta») han sido filtrados mediante el uso de un algoritmo informático, los taludes resultan claramente visibles.



gico de LIDAR hasta la fecha, para valorar el poder de penetración del sistema, en yacimientos ya conocidos y que se encuentran bajo una cobertura vegetal estacional.

La elaboración de mapas mediante el radar de gran altitud también ha ayudado a descubrir en Costa Rica un pueblo desconocido hasta el momento. En 1984-1985, Thomas Sever, de la NASA, sobrevoló el área que circunda al volcán de Monte Arenal, que interesaba a los arqueólogos debido a que la gente del lugar había encontrado fragmentos de cerámica y útiles cuando se abrieron carreteras en el terreno de cenizas. Sever exploró el área utilizando un radar, película fotográfica de infrarrojos y un LIDAR (aparato de detección de luz). Las imágenes resultantes mostraron que las calzadas irradiaban de un cementerio central. La posterior excavación de 62 yacimientos, realizada por Payson Sheets, reveló que un pueblo nómada había vivido a la sombra del volcán desde el 11.000 a.C. Sus campamentos, tumbas y casas habían quedado sepultados y protegidos por una erupción volcánica.

Ulrich Kiesow, en Alemania, se encuentra desarrollando otra novedosa técnica que consiste en grabar videos aéreos de posibles marcas negativas en los cultivos en torno a villas romanas ya conocidas, con una cámara térmica. Los videos muestran que las marcas negativas se acompañan de un aumento de la temperatura de la vegetación, que se registran como «señales calientes en cultivos», percibiéndose incluso antes de la aparición de dichas marcas.

El uso de fotografías aéreas en blanco y negro, que están disponibles en el mercado y resultan poco costosas, es ya una práctica rutinaria en el Nuevo Mundo. Los negativos de 9x9 pueden ser considerablemente ampliados sin presentar

distorsiones, por lo que las estructuras más pequeñas, como muros o pozos pueden apreciarse con bastante claridad. Las cámaras digitales resultan útiles para fotografiar estructuras y sistemas de mayores dimensiones. El uso de las fotografías aéreas de alta resolución y la cobertura de satélite que ofrece Google Earth es también práctica habitual. Las imágenes de alta resolución ofrecidas por los satélites Ikonos (de aproximadamente 1 m) y Quickbird (de aproximadamente 60 cm) permiten su cotejo con fotografías aéreas, mientras que Google Earth, que recoge series básicas del satélite LANDSAT, propiedad de la NASA (28,5 m), incluye bloques de imágenes procedentes de Quickbird y fotografías aéreas.

La introducción de Google Earth ha supuesto una auténtica «revolución aérea», al ofrecer a todos los arqueólogos la posibilidad de examinar el terreno y localizar yacimientos. Los servicios World Wind, de la NASA, o Live Search, de Microsoft, también ofrecen cobertura mundial, pero con una resolución inferior o haciendo uso de las fotografías aéreas disponibles a través de otras fuentes. Es importante recordar, no obstante, que la mayor parte de los usuarios de estos servicios carecen de una preparación específica adecuada, y que muchos esperan que los yacimientos resulten visibles en todo momento.

También es posible encargar imágenes obtenidas por Mikonos o Quickbird, aunque el coste mínimo quizá sea demasiado elevado para algunos proyectos arqueológicos. De cualquier forma, hay regiones del mundo en las que los mapas aún se consideran materia secreta o, simplemente, no existen y en las que la obtención de una imagen de satélite actualizada es la única manera de contar con un «mapa base» para la investigación arqueológica. Los «propietarios» de ambos sa-

télites mantienen un archivo de fotografías «antiguas», cuyo precio es inferior. Las fotografías realizadas por el satélite de la Guerra Fría CORONA (cuya resolución, en el mejor de los casos es de 2 m) han sido también usadas frecuentemente, ya que ofrecen un mapa básico útil en la interpretación provisional de yacimientos, previa a su cotejo sobre el terreno.

La teledetección desde gran altura. A medida que aumenta su resolución, el uso de las imágenes de satélite en prospecciones arqueológicas se hace más común. Las imágenes obtenidas desde LANSAT (Earth Resources Technology) permitieron la ejecución de varios trabajos pioneros, que demostraron su utilidad. Los escáneres registran la intensidad de la luz reflejada y la radiación de infrarrojos de la superficie de la tierra y las transforman, electrónicamente, en imágenes fotográficas. Las imágenes del LANDSAT han sido utilizadas para localizar estructuras de gran tamaño, como los antiguos sistemas de riego de Mesopotamia y el antiguo curso de un río que corría entre los desiertos de Kuwait y Arabia Saudí, así como depósitos de sedimentos en el valle del Rift, en Etiopía, que es probable que contengan restos homínidos fósiles. El uso del sistema Space Imaging Radar (que puede detectar estructuras sepultadas hasta a 5 m de profundidad) desde el transbordador espacial ha permitido la identificación de antiguos cursos fluviales ocultos bajo los desiertos egipcios, y de centenares de kilómetros de rutas caravaneras abandonadas hace largo tiempo en Arabia, muchas de las cuales convergían en un solo punto, en Omán, que acaso sea la ciudad perdida de Ubar. Asimismo, un dispositivo de radar, ubicado en el transbordador pudo localizar corrientes fluviales en el desierto de Taklamakan, China, a lo largo de las cuales pueden encontrarse yacimientos.

Un equipo de la Universidad de Colorado ha recurrido a las características geológicas y a los patrones en la vegetación que las hacen diferenciables para la identificación de 8 canteras que se encontraban en explotación hace 10.000 años en Montana, ya que las diferencias en las emisiones de radiación detectadas por los satélites nos permiten discernir entre distintos tipos de rocas y plantas. En Nigeria, Patrick Darling ha combinado el uso de imágenes de satélite y de fotografías aéreas verticales en la prospección a gran escala de grandes áreas, que incluyen pantanos boscosos, selvas tropicales y sabanas, identificando hasta 1.600 yacimientos amurallados y más de 16.000 kilómetros de taludes de separación de tierras, algunos de los cuales se conservan hasta una altura superior a los 18 m.

La aplicación arqueológica más destacada hasta el momento se ha producido, sin embargo, en Mesoamérica. Utilizando imágenes del LANDSAT de color falso, en el que los colores naturales se han transformado en tonos de mayor contraste, científicos de la NASA en colaboración con arqueólogos encontraron, en 1983, una extensa red de campos y asentamientos agrícolas mayas en la península mexicana del Yucatán. En este costoso experimento las ruinas mayas se re-

saltaron con colores falsos, en forma de puntos minúsculos en azul, rosa y rojo brillante, -azul para los antiguos depósitos excavados en la superficie de la piedra caliza, rosa y rojo brillante para la vegetación de los yacimientos y sus alrededores-. Mediante la búsqueda de puntos azules cerca de los rojos y rosados, los arqueólogos pudieron localizar 112 yacimientos.

El proyecto también descubrió una ciudad desconocida con dos pirámides gemelas, fechada en el Maya Clásico, 600-900 d.C.; y volvió a localizar la importante ciudad de Oxpemul que había sido descubierta a principios de los años 30 pero que luego se volvió a perder en la espesa jungla. Sin embargo, el resultado más notable fue la detección de una amplia red de campos cercados y montículos de viviendas cerca de Flores Magón, lo que destruye por completo la ya desacreditada teoría de que la civilización Maya se basaba en un tipo de agricultura itinerante, sin campos estables.

La desclasificación de numerosas imágenes en los EEUU permiten su consulta en Internet [<http://edcwww.cr.usgs.gov/>], y su compra, impresas o en negativo, a un precio de 18 \$ por imagen; estas excelentes imágenes están tomadas con una cámara de 70 mm y tienen una longitud aproximada de 1 m. Aun teniendo en cuenta su bajo coste, su resolución sigue siendo inferior a la ofrecida por la fotografía aérea convencional, por lo que ésta seguirá jugando un papel fundamental. Al igual que ocurre con la fotografía aérea convencional, las imágenes de satélite han de ser tomadas en un momento determinado del año para que las marcas de los cultivos y otros indicios de la presencia de estructuras resulten apreciables, aunque pueden ofrecer imágenes considerablemente detalladas, equivalentes a las fotografías aéreas verticales a escala 1:10.000.

Aunque buena parte de estos recientes trabajos con imágenes de satélite han servido para identificar lo conocido, más que para descubrir lo desconocido, con ellos hemos podido apreciar el potencial de estos sistemas de teledetección a gran altura. Un estudio en el que J. T. Parry analizaba una región de Tailandia permitió la comparación de las estructuras interpretadas mediante las técnicas de fotografía aérea convencional, con escalas que oscilaban entre la 1:15.000 y la 1:50.000, con las que se identificaban mediante composiciones infrarrojas de color sobre imágenes obtenidas por LANDSAT. Para su interpretación, las imágenes de LANDSAT fueron proyectadas y montadas sobre mapas a escala 1:250000 o ampliados a 1:50000. Esta técnica permitió la identificación de grandes yacimientos elevados, para los que LANDSAT demostró ser excelente, y de túmulos más pequeños (se detectaron aproximadamente el 75 por ciento), aunque demostró un pobre funcionamiento en la identificación de canales (23 por ciento) en comparación con la fotografía aérea convencional.

Otra técnica de teledetección, el **radar aerotransportado de observación lateral** (SLAR), también ha proporcionado pruebas que indican que la agricultura maya era más intensiva de lo que se creía. Esta técnica consiste en registrar, en

Dos imágenes de satélite de la ciudadela de Erebuni perteneciente al periodo de Urartu, cerca de Ereván, Armenia, fundada en el 782 a.C.: a la izquierda, una imagen, con una resolución de 2 m, tomada en 1971 por un satélite norteamericano de la serie CORONA, la imagen de la derecha es una toma de 2006 de Quickbird, extraída de Google Earth, y su resolución es mucho mayor. Ambas imágenes presentan el norte en la parte inferior, para que la orientación de las sombras facilite la visualización de la topografía y las estructuras.

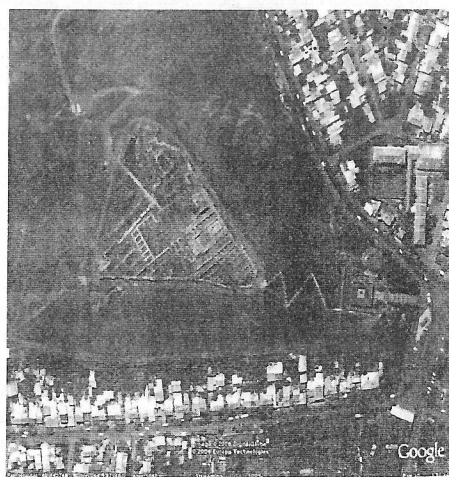




Imagen de satélite del enorme yacimiento de Angkor, en Camboya.

imágenes de radar, el retorno de ondas de radiación electromagnética emitidas desde una aeronave. Ya que el radar atraviesa la capa de nubes y, hasta cierto punto, la espesura de la selva, Richard Adams y sus colegas pudieron utilizar el SLAR, desde un avión de la NASA que volaba a gran altura, para explorar 80.000 km² de tierras bajas de los mayas. Las imágenes del SLAR, no solo revelaron ciudades y sistemas parcelarios antiguos, sino también una enorme red de líneas grises, los cuales pudieron haber sido canales. Si la comprobación sobre el terreno demuestra que los canales eran antiguos, probará que los Mayas tenían un sistema de irrigación y transporte acuático muy complejos.

En los últimos tiempos, el Greater Angkor Project ha descubierto que las vastas ruinas del complejo templo de

Angkor, en el norte de Camboya, de 1.000 años de antigüedad, podrían extenderse por un área de hasta 3.000 km². Estas ruinas han sido recientemente estudiadas mediante el uso de imágenes de radar de alta resolución obtenidas desde satélites de la NASA. Los cuadrados y los rectángulos oscuros reflejados en las imágenes representan los túmulos de piedra y los estanques que rodean a los templos. Así, han sido descubiertos al menos 74 nuevos templos y más de 1.000 estanques artificiales. El principal complejo templario de Angkor Wat es fácilmente visible como un pequeño cuadrado rodeado de negro. El más importante de los descubrimientos hechos por los arqueólogos hasta la fecha consiste en la red de antiguos canales que rodea la ciudad (visible en forma de líneas de color claro) y que servía para el riego de los campos de arroz y la alimentación de los estanques.

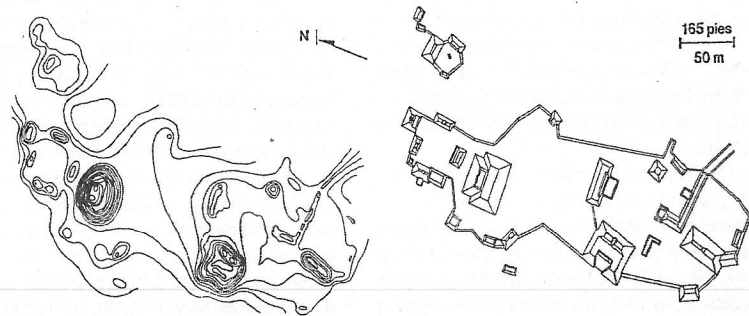
La aplicación de estas técnicas nuevas en la arqueología acaba de comenzar. Mientras continúen siendo costosas, la fotografía aérea convencional seguirá predominando en el reconocimiento aéreo. Pero las modernas técnicas de detección a distancia, sin duda, se abaratarán y generalizarán en el futuro.

El registro de yacimientos en la prospección superficial

Como ya hemos visto al tratar de la fotografía aérea, la ubicación de yacimientos y estructuras en mapas regionales es un paso posterior, y esencial, a la prospección de reconocimiento. Haber descubierto un yacimiento ya es algo, pero solo pasará a formar parte de la suma total de los conocimientos arqueológicos de una región cuando lo registremos adecuadamente.

La clave para el registro preciso de la mayor parte de la información extraída de la prospección recae sobre la elaboración de mapas. Para reflejar estructuras en superficie, se emplean tanto mapas topográficos como planimétricos.

Los mapas topográficos reflejan las diferencias de cota mediante líneas de contorno, facilitando el establecimiento



Dos formas de presentar los resultados de la prospección, ejemplificados por el yacimiento maya de Nohmul, Belice. (Izquierda) Un mapa topográfico relaciona al yacimiento con su entorno paisajístico. (Derecha) Un mapa planimétrico muestra las estructuras concretas del yacimiento.

de relaciones entre las estructuras antiguas y el paisaje circundante. Los mapas planimétricos excluyen las líneas de contorno y la información topográfica, concentrándose en las principales características de las estructuras. Los mapas de algunos yacimientos combinan ambas técnicas, con la expresión topográfica de los accidentes del terreno y la plasmación planimétrica de las estructuras arqueológicas.

Además de la situación de un yacimiento en un mapa, el registro propiamente dicho supone dar al yacimiento algún tipo de designación de lugar e incluirlo en un sistema de registro de yacimientos, junto con la información relativa a su poseedor, a su estado y otros detalles. Las designaciones de lugar varían en las distintas partes del mundo. En los EEUU consisten, por lo general, en un número de dos dígitos para el estado, un par de letras para el condado y un número que indica que es el yacimiento 59 (o cualquiera que sea) descubierto en ese condado. De esta forma, el yacimiento 36WH297 designa al 297 descubierto en Washington (WH), en el estado de Pennsylvania (36). Ésta es la designación de lugar del famoso yacimiento Paleolítico bajo abrigo de Meadowcroft. Una de las mayores ventajas de designar a los yacimientos con estos sistemas alfanuméricos es que pueden ser incluidos con facilidad en archivos informáticos, que permiten la rápida recuperación de los datos, ya sea para su utilización en la arqueología de urgencia o para el estudio de patrones de asentamientos.

Sistemas de información geográfica

El uso de los SIG (Sistemas de Información Geográfica), descritos en un informe oficial como «el mayor paso adelante en la gestión de la información geográfica desde la invención del mapa», ha supuesto una significativa innovación en la elaboración de mapas arqueológicos. Los SIG son una combinación de equipamiento informático, software y datos geográficos diseñada para obtener, archivar, gestionar, manipular, analizar y exponer tipos muy variados de información. Un SIG combina una base de datos con potentes herramientas de elaboración de mapas; en otras palabras, los SIG están diseñados para la recopilación, el almacenamiento, la reordenación, el análisis y la exposición de la información espacial. Los SIG se desarrollaron en la década de los setenta a partir de técnicas informáticas de diseño y mapeado (CAD/CAM). Algunos programas CAD, como AutoCAD, pueden emplearse en combinación con los programas de bases de datos presentes en el mercado, habiendo demostrado su validez en el mapeado automático de los yacimientos arqueológicos recogidos en una base de datos. Un verdadero SIG, no obstante, también puede llevar a cabo análisis estadísticos de distribución de yacimientos, y generar así nueva información. Si cuenta con la información necesaria sobre pendientes y distancias, un SIG puede ser empleado para realizar *análisis de coste-superficie*, mapeando áreas de captación y de influencia de yacimientos

con consideración al territorio circundante. Volveremos a hablar de su potencial analítico en los capítulos 5 y 6.

Un SIG permitirá el almacenamiento de la información relativa a la ubicación y las características de cada uno de los yacimientos o puntos registrados. La información espacial puede ser reducida a tres unidades básicas: punto, línea y polígono (o área). Cada una de estas unidades puede ser almacenada junto con una etiqueta identificativa y varios atributos no espaciales, como el nombre, la fecha o el material. De este modo, un hallazgo arqueológico aislado puede ser representado mediante unas coordenadas y un número de hallazgo, mientras que una carretera antigua se registraría con una secuencia de coordenadas y un nombre identificativo. Una zona de cultivo puede definirse mediante una secuencia de coordenadas para cada uno de sus límites, junto con nombres o numeraciones de referencia. Cada mapa (denominados en ocasiones en los SIG como capa o cobertura) puede comprender por tanto una combinación de puntos, líneas y polígonos, junto a sus atributos no espaciales.

Dentro de cada capa, la información puede ser guardada en forma de *vector*, como punto, línea o polígono, o puede adoptar forma de cuadrícula o celda, en formato *raster*. Una capa raster en la que se registra la vegetación, por ejemplo, incluirá una cuadrícula en cuyas celdas se recoge la información acerca de la vegetación presente en dicha zona. En origen, los sistemas SIG estaban basados en formatos vector o raster incompatibles entre sí, pero en la actualidad, la mayor parte de los sistemas disponibles en el mercado permiten la combinación de los distintos formatos.

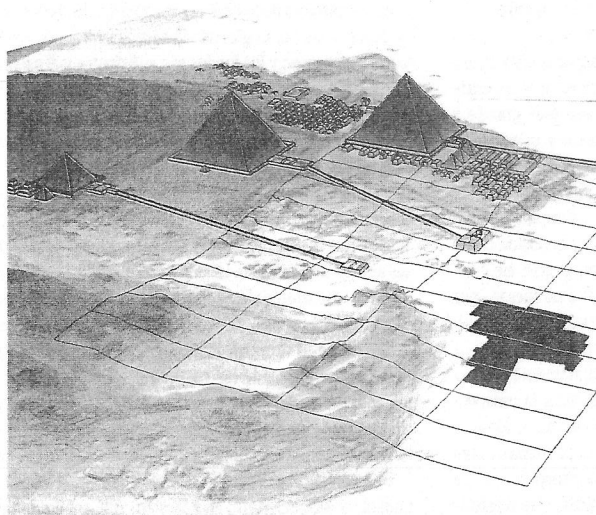
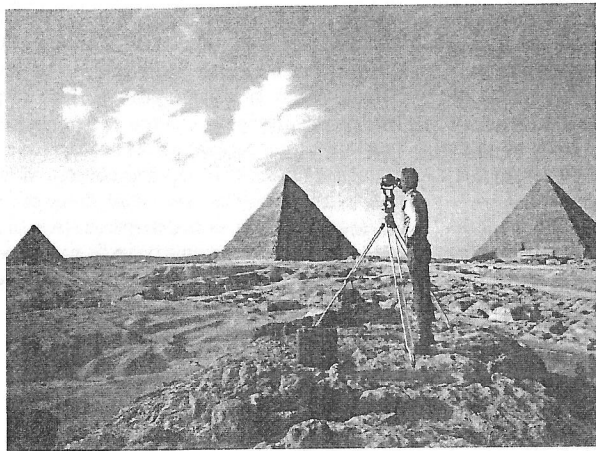
Los mapas topográficos incluyen una enorme variedad de información medioambiental relativa a los accidentes del terreno, las vías de comunicación, la hidrología, etc. Para poder trabajar con toda esta información en un entorno SIG es habitual separar la misma en distintas capas, cada una de las cuales representará una sola variable. La propia información arqueológica también puede ser separada en distintas capas, de forma que cada una de ellas represente un abanico cronológico determinado.

La posibilidad de incorporar imágenes de satélite y fotografías aéreas resulta especialmente útil para la prospección de yacimientos, ya que nos ofrece una información detallada y actualizada de los usos del suelo. En la actualidad, los SIG pueden incorporar una gran cantidad de información topográfica, disponible en mapas en formato digital, si bien el precio, las consideraciones relativas a la propiedad intelectual o el grado de resolución en la que está expresada esta información pueden plantear obstáculos para algunos proyectos. La digitalización manual de muchos mapas puede ser una tarea laboriosa. También puede hacerse uso de un GPS para obtener una longitud (o unas coordenadas UTM) y una latitud de un punto sobre el terreno. Estas últimas aplicaciones resultan especialmente útiles cuando se trabaja en una región que carece de ma-

SIG Y LA MESETA DE GIZA

Durante los últimos 17 años, el egiptólogo norteamericano Mark Lehner ha venido explorando de manera sistemática la meseta de Giza, en Egipto, intentando de encontrar los asentamientos en los que vivieron los trabajadores que construyeron las pirámides. Al sur de la Gran Esfinge se han descubierto calles pavimentadas de

4.500 años de antigüedad, junto a varios edificios, que van desde barracones hasta panaderías. Hasta la fecha, el Giza Plateau Mapping Project (GPMP) ha expuesto 10,5 hectáreas (26 acres) de lo que parece ser un gran centro urbano relacionado con las pirámides, conocido a veces como «La Ciudad Perdida de los Constructores de Pirámides».



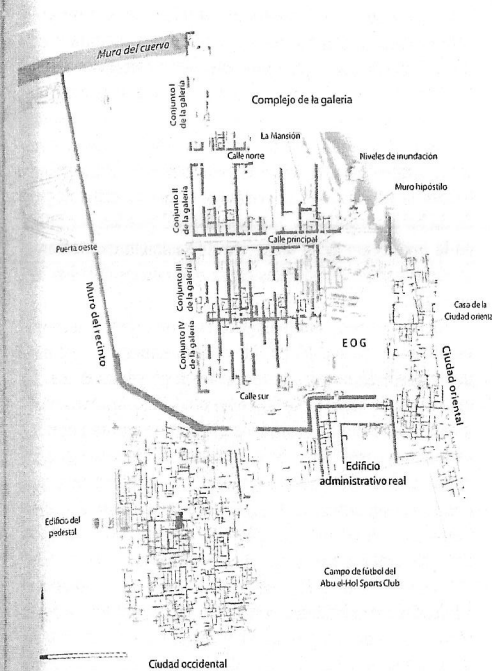
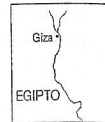
La utilización de los SIG, bajo la dirección de Farrah Brown LaPan, está permitiendo la integración de planos, de miles de fotografías digitales, de cuadernos, de formularios y de artefactos en una sola base de datos. Esto permite al equipo la elaboración de mapas de elementos arquitectónicos, enterramientos, artefactos y otros materiales, como alimentos: por ejemplo, se ha averiguado que los habitantes de las casas más grandes consumían las mejores carnes (ternera) y el mejor pescado (perca), mientras que en el resto se comía cerdo y cabra. Pueden producirse gráficos y mapas con códigos cromáticos, en los que se representa la distribución de diversos tipos de artefactos en distintas áreas, edificios o incluso estructuras.

El Giza Plateau Mapping Project se inició con una prospección extremadamente detallada de las características culturales y naturales de toda la zona. La cuadrícula de la prospección se apoya sobre la Gran Pirámide.

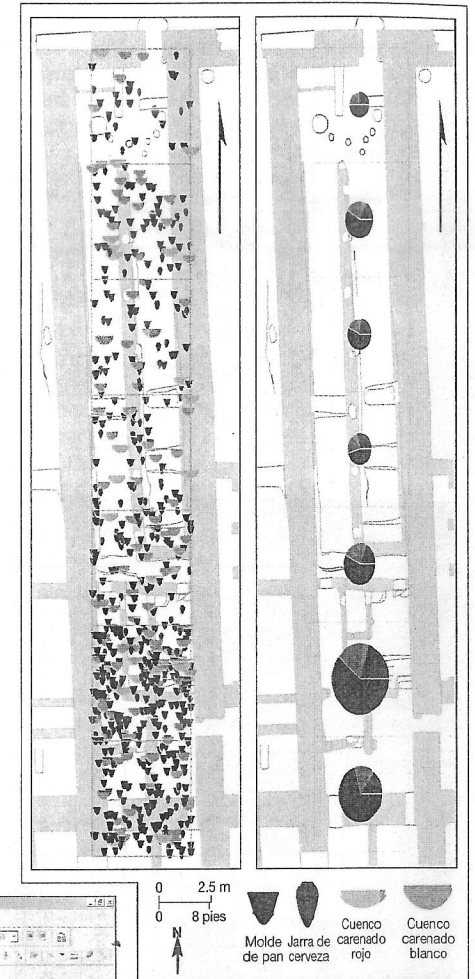
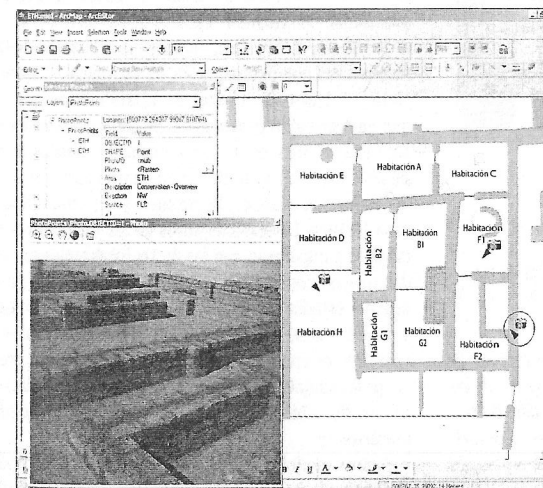
Gracias al empleo de contornos digitalizados de 1 m y de información CAD que recogía los elementos arquitectónicos del complejo, el equipo de GPMP SIG creó una superficie casi tridimensional llamada TIN, o red triangular irregular, sobre la que es posible superponer otras capas de información, como mapas. En esta imagen, la trama GPMP obtenida como resultado de la prospección, está superpuesta sobre la topografía de la meseta. La zona oscura de la derecha es la ciudad perdida de los constructores de pirámides.

INFORMACIÓN RECOGIDA EN 15 AÑOS plenamente incorporada en el SIG

- más de 2.600 dibujos de campo;
- más de 11.900 fotografías digitales;
- más de 12.200 estructuras no funerarias;
- más de 1.000 estructuras funerarias;
- más de 190 cuadernos de notas de los supervisores;
- información relativa a prospección y teledetección;
- información relativa al contenido y distribución de artefactos/ecofactos de cada estructura.

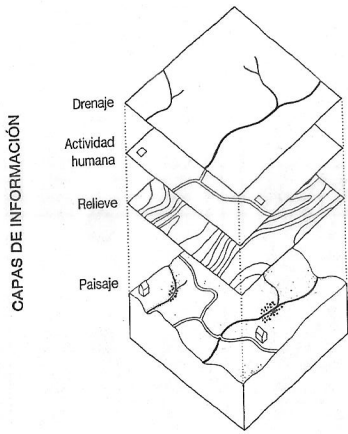


Desde 1988 las prospecciones y las excavaciones se han concentrado en el área conocida como «La ciudad perdida de los constructores de pirámides», a unos 400 m al sur de la Esfinge. Este detallado plano del asentamiento (arriba), que fue abandonado al final de la IV Dinastía (2575-2465 a.C.), periodo de construcción de las pirámides de Giza, forma parte del SIG.

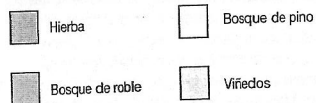
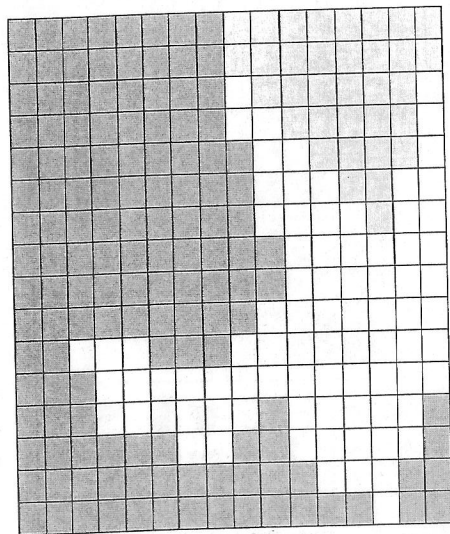


La distribución espacial de los artefactos puede ser representada con facilidad en un entorno SIG (arriba). Aquí mostramos la distribución de distintos tipos de cerámica común en el «Complejo de la Galería». A la izquierda, la distribución de los hallazgos en las cuadrículas excavadas, expresada mediante puntos con la forma del tipo de pieza al que se refieren (de forma que cada «vasija» representa diez fragmentos de cerámica); a la derecha, esta distribución se expresa mediante gráficos proporcionales circulares.

Este interfaz ArcSIG 9 (izquierda) muestra la planta de la «Eastern Town House» junto a una fotografía del edificio excavado. El icono circular que representa una cámara indica el lugar desde el que fue tomada la fotografía. Los otros iconos nos muestran las otras fotografías disponibles.



Capas SIG.



Representación raster de información vegetal. Cada celda está coloreada en función de la vegetación predominante.

pas o en la que los mapas son antiguos o imprecisos. Si bien la mayor parte de las aplicaciones arqueológicas de los SIG se han desarrollado alrededor de la prospección de paisajes, no existe ninguna razón que impida su uso, a una escala más precisa, en el examen de las relaciones espaciales dentro de cada yacimiento.

Una vez que el SIG cuenta con la información relevante resulta relativamente fácil crear mapas a la medida y cribar la base de datos para que seleccione y muestre distintos tipos de yacimientos. Pueden seleccionarse capas individuales, o conjuntos de capas, en función de la cuestión que estemos investigando. La posibilidad de incorporar datos arqueológicos a los modernos mapas de planeamiento facilita una evaluación precisa del impacto arqueológico de dicho planeamiento. Además, los SIG pueden ser útiles en la predicción de la ubicación de yacimientos mediante la combinación de aquellas capas que puedan resultar relevantes.

Uno de los usos arqueológicos más precoces, y más generalizados, de los SIG ha sido el de la elaboración de *modelos predictivos* para la localización de yacimientos. El desarrollo de estas técnicas se ha producido fundamentalmente en el seno de la arqueología norteamericana donde, en muchos casos, la enorme extensión de algunos paisajes arqueológicos ha hecho imposible la realización de prospecciones superficiales integrales. La premisa en la que se basan estos modelos predictivos es que los distintos tipos de yacimiento arqueológico tienden a ubicarse en el mismo tipo de localización. Por ejemplo, ciertos yacimientos habitacionales tienden a situarse cerca de fuentes de agua potable y en posiciones meridionales, ya que estas ofrecen las condiciones ideales para la vida humana. Aplicando esta información, podemos establecer un modelo que determine la posibilidad de que una determinada localización, dadas sus condiciones medioambientales, contenga un yacimiento. En un entorno SIG, podemos aplicar esta operación a todo un paisaje, desarrollando así un modelo predictivo para todo el área.

Un ejemplo de este tipo de trabajo fue el desarrollado por el Museo Estatal de Illinois sobre el Bosque Nacional de Shawnee, en el sur del estado. Se trataba de predecir la posibilidad de encontrar yacimientos prehistóricos dentro de los 91 km² del bosque, mediante la aplicación de las características que definían a los 68 yacimientos conocidos, situados dentro de un área de 12 kilómetros cuadrados que ya había sido prospectada. Se creó una base de datos para toda el área, en la que se incluían capítulos de información que cubrían la elevación, la pendiente, el aspecto, la distancia al agua, el tipo de suelo y la profundidad de la capa freática. Las características de los yacimientos conocidos se compararon con las de las localizaciones conocidas que no contenían yacimientos mediante un procedimiento estadístico conocido como regresión logística. Todo ello constituyó en un modelo de probabilidades cuyo resultado es una ecuación, que puede servir para predecir las probabilidades de que una localización de características medioambientales conocidas contenga un yacimiento prehistórico.

Dichos modelos pueden resultar válidos tanto para la comprensión de la posible distribución de los yacimientos

arqueológicos dentro de un paisaje como para la protección y la gestión de los restos en el marco de la gestión del patrimonio arqueológico.

Muchas aplicaciones de los SIG, especialmente aquellas basadas en el desarrollo de modelos predictivos, han sido acusadas de ser deterministas y de reducirlo todo a variables medioambientales. Dicha crítica resulta comprensible. La información medioambiental, como los tipos y

LA EVALUACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE YACIMIENTOS Y ESTRUCTURAS

La localización y registro de yacimientos es el primer paso del trabajo de campo, pero el siguiente consiste en hacer una valoración del tamaño, tipo y distribución de los mismos. Son factores cruciales no solo para el que intenta decidir dónde, cómo y si va a excavar, sino también para aquel cuyo interés fundamental se centra en el estudio de los patrones de asentamiento, los sistemas de yacimientos y la arqueología del paisaje sin recurrir a la excavación.

Ya hemos visto cómo se puede utilizar la fotografía aérea para trazar la distribución de los yacimientos y, en primer lugar, para ayudar a localizarlos. ¿Cuáles son los otros métodos importantes que contribuyen a investigar yacimientos sin excavarlos?

La prospección superficial de yacimientos

El modo más simple de hacernos una idea de la extensión y distribución de un yacimiento es a través de una prospección superficial -es decir, mediante el análisis y documentación de la localización de las estructuras supervivientes y, a ser posible, la recogida de los artefactos de la superficie.

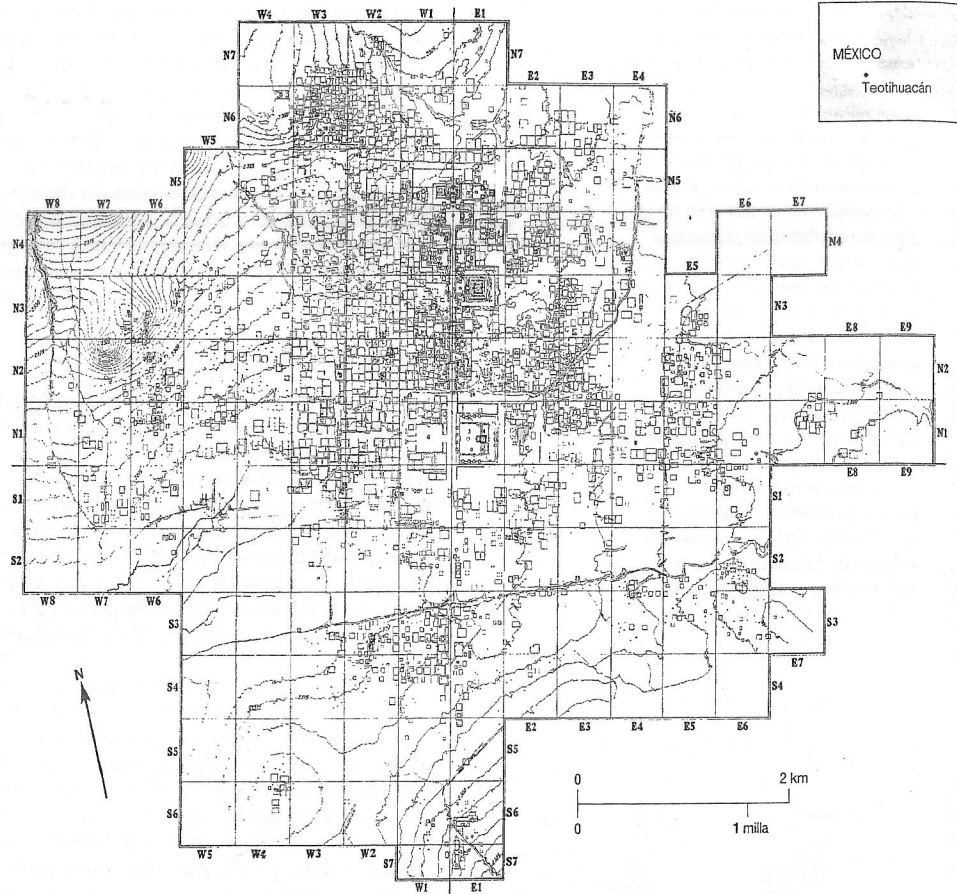
El Teotihuacán Mapping Project, por ejemplo, consistió en una prospección superficial para investigar la disposición y la orientación de la ciudad que, durante su apogeo, entre el 200 y el 650 d.C., era el centro urbano más grande y poderoso de Mesoamérica. Su distribución y orientación habían intrigado a los investigadores durante décadas; se paró de la idea, sin embargo, de que la ciudad no iba más allá del área ocupada por los grandiosos templos piramidales, las plazas y la avenida principal -área conocida como centro ceremonial-. Los límites exteriores, el gran eje este-oeste, y la planta cuadrículada de la ciudad no fueron, por tanto, descubiertas y mapeadas hasta la prospección auspiciada por el Teotihuacán Mapping Project. Afortunadamente, los restos estructurales yacían inmediatamente bajo la superficie, por lo que el equipo pudo combinar la prospección aérea con la superficial para la elaboración de los mapas, no siendo necesarias más que unas pequeñas catas para comprobar los resultados de dicha prospección. Se recogieron millones de fragmentos cerámicos, y se registra-

usos del suelo, los ríos o la altitud, pueden ser fácilmente medidos, mapeados y expresados en formato digital, pero los aspectos culturales del paisaje resultan mucho más problemáticos. Para tratar de apartarse de estos análisis funcionalistas y de desarrollar por tanto apreciaciones más humanistas del paisaje, los arqueólogos emplean la función de los SIG llamadas *viewshed* (véanse cuadro, pp. 76-77, y cuerpo principal del texto, p. 202).

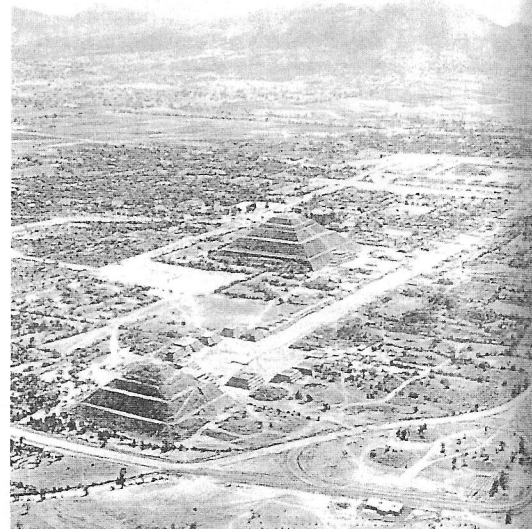
ron más de 5000 estructuras y áreas de actividad. Desde 1980, un nuevo equipo multidisciplinar, dirigido por Rubén Cabrera Castro, del Instituto Mexicano de Arqueología, ha estado ampliando la imagen creada con tanto éxito por el Teotihuacán Mapping Project. Otros equipos recurrieron a métodos geofísicos para elaborar los mapas de un sistema de cuevas y túneles utilizados como canteras, además de cómo lugares de enterramiento y ritual. El equipo dirigido por Linda Manzanilla, de la Universidad Nacional Autónoma de México, realizó prospecciones de magnetometría y resistividad para crear una reconstrucción tridimensional de los contornos subterráneos.

En cuanto a los artefactos y otros objetos recogidos u observados durante la prospección superficial, puede que no merezca la pena la señalización en el mapa de sus posiciones individuales, en caso de que parezcan proceder de contextos secundarios muy alterados. O, simplemente, puede que sean demasiados artefactos para registrar la procedencia de todos ellos. En este último caso, el arqueólogo recurrirá, probablemente, a procedimientos de muestreo, o al registro selectivo de los hallazgos superficiales (véase cuadro dedicado a las estrategias de muestreo, arriba). Sin embargo, cuando el tiempo y los fondos son suficientes y el yacimiento lo bastante reducido, puede ser posible la recogida y registro de los artefactos de toda el área. Por ejemplo, Frank Hole y sus colegas recogieron todos los objetos de la superficie de un yacimiento prehistórico al aire libre de 1,5 ha, en el Valle de Oaxaca, México, localizando las posiciones mediante una parrilla de 5 m². Acto seguido, convirtieron los resultados en mapas con curvas de nivel, que indicaban no solo las distintas alturas sino también las densidades relativas de los diversos tipos de materiales y artefactos. Como consecuencia, queda claro que, aunque algunos objetos como las puntas de proyectiles aparecían, de modo evidente, en un contexto secundario, al fondo de las pendientes, otros parecían estar situados en un contexto primario y revelaron distintas zonas de trabajo del sílex, molienda del grano y matanza. Estas áreas sirvieron luego como guía para la excavación posterior.

Una prospección superficial similar fue desarrollada en la ciudad de Mohenjodaro, en Pakistán. Allí, un equipo de ar-



Mapa arqueológico y topográfico de Teotihuacán (en una fotografía aérea, a la derecha), producida por el Teotihuacán Mapping Project. La cuadrícula de prospección, dividida en unidades de 500 m de lado, está orientada con el eje norte-sur de la ciudad, especialmente con la céntrica «Calle de los Muertos» (que en el mapa divide W1 y E1).



queólogos de Pakistán, Alemania e Italia estudió la distribución de los desechos artesanales y llegaron a la conclusión, para su sorpresa, de que los restos de actividades industriales no se limitaban a un área concreta de la ciudad, sino que se distribuían por toda ella, representando distintos talleres de pequeño tamaño.

La fiabilidad de los hallazgos superficiales. Los arqueólogos siempre han utilizado la recogida limitada de artefactos superficiales como un medio para tratar de establecer la fecha y distribución de un yacimiento antes de excavarlo. Sin embargo, ahora que la prospección superficial se ha convertido no solo en un paso previo a la excavación, sino, en algunos casos, en un sustituto de la misma, tiene lugar un enérgico debate en el seno de la arqueología sobre hasta qué punto los vestigios superficiales reflejan las distribuciones existentes bajo el suelo.

Lógicamente, cabría esperar que los yacimientos poco profundos de un único periodo mostrasen evidencias superficiales fiables de lo que se oculta bajo el terreno. Del mismo modo, podría suponerse que los yacimientos profundos, con varias fases, como los tells o montículos de aldeas de Oriente Próximo, mostrarían en su superficie pocos vestigios de los niveles más antiguos y recónditos. Los defensores de la validez de la prospección superficial, al tiempo que coinciden en que, forzosamente, hay una propensión cuantitativa en favor de los periodos más recientes por lo que respecta a la aparición de restos superficiales, señalan, sin embargo, que una de las sorpresas para la mayoría de los prospectores reside en que muchos de sus yacimientos, si se recogen los materiales de forma correcta, pertenecen realmente a varias fases, reflejando muchas de las etapas de utilización del yacimiento, no solo la última. Las razones de esto todavía no están totalmente claras, pero, con toda certeza, tienen algo que ver con los tipos de procesos postdeposicionales discutidos en el capítulo 2.

La relación existente entre la evidencia superficial y la sepultada bajo el terreno es, sin duda, muy compleja y varía de un yacimiento a otro. Por lo tanto, resulta prudente tratar de determinar, en la medida de lo posible, qué es lo que en realidad está sepultado, quizá mediante la apertura de catas de sondeo (por lo general de un metro cuadrado) para establecer la extensión en horizontal de un yacimiento y, finalmente, mediante una excavación más completa (véase más adelante). Sin embargo, existe toda una serie de mecanismos de prospección geofísica que se pueden aplicar antes de -o incluso en ocasiones en vez de- la excavación que, por supuesto, es destructiva a la vez que costosa.

La prospección geofísica

Sondeos. La técnica más tradicional es la consistente en sondear el suelo con barras o taladros y anotar los lugares en que tropiezan con cuerpos sólidos o con cavidades. Las ba-

rras de metal con mango en forma de T son las más comunes, pero también se utilizan las barrenas -enormes sacacorchos con un mango similar- que tienen la ventaja de sacar a la superficie muestras de suelo adheridas a la espiral. A mediados de la década de los 80, el arqueólogo americano David Hurst Thomas y su equipo realizaron más de 600 sondeos de comprobación, espaciados de forma sistemática, con una barena de gasolina, en la búsqueda, culminada por el éxito, de una misión española perdida del siglo XVI, en la isla de Santa Catalina, cerca de las costas de Georgia. Las barrenas también son utilizadas por los geomorfológicos en el estudio de los sedimentos del yacimiento. Sin embargo, siempre existe el riesgo de dañar los artefactos o las estructuras frágiles.

Carlo Lericci introdujo una mejora importante en esta técnica, durante la década de los 50, en las tumbas etruscas del siglo VI a.C. en Italia. Tras detectar la situación exacta de una tumba mediante la fotografía aérea y la resistividad del suelo (véase más adelante), practicó un hoyo de 8 cm de diámetro e introdujo un largo tubo con una cabeza de periscopio y una luz, así como una cámara diminuta acoplada por si resultaba necesaria. Lericci examinó unas 3.500 tumbas con este sistema y descubrió que casi todas ellas estaban totalmente vacías, evitando, de este modo, a los futuros excavadores gran cantidad de esfuerzos inútiles. También descubrió unas 20 con pinturas murales, duplicando de un golpe el patrimonio de tumbas etruscas pintadas.

Catas. Para obtener una idea preliminar de los contenidos del subsuelo, pueden excavar pequeñas catas separadas regularmente; en Europa, estas catas suelen tener una forma cuadrada y un metro de lado, pero en algunas zonas de Norteamérica siguen una forma circular, con un diámetro similar al de un plato y una profundidad inferior a un metro. Estas catas ayudan a evaluar el potencial de un área determinada y a determinar la extensión del yacimiento, mientras el análisis del material extraído, tras el cribado del relleno, puede facilitar la producción de mapas de concentración de diferentes tipos de artefacto.

El sondeo de las pirámides. La tecnología moderna ha hecho avanzar aún más este tipo de trabajos, con el desarrollo del endoscopio (véase Cap. 11) y las cámaras de TV en miniatura. En un proyecto que recuerda al de Lericci, se llevó a cabo, en 1987, el sondeo de un barco sepultado junto a la gran pirámide de Keops, en Egipto. Se encuentra al lado de otro hoyo, excavado en 1954, que contenía las partes desmontadas y perfectamente conservadas de un barco real de cedro de 43 m de longitud y fechado en el tercer milenio a.C. El sondeo, que costó 250.000 \$, reveló que el foso cerrado contenía, en efecto, el maderaje desmontado de un segundo barco, pero que no estaba herméticamente cerrado.

Este tipo de proyectos no están al alcance de la mayoría de los arqueólogos. En un futuro, sin embargo, los fondos permitirán aplicar sondeos de este tipo, con igual eficacia, a

TELL HALULA: INVESTIGACIÓN EN SUPERFICIE DE MÚLTIPLES PERIODOS

Las investigaciones desarrolladas por el arqueólogo australiano Mandy Mottram en Tell Halula, en el norte de Siria, en 1986, tenían como objetivo establecer la historia de ocupación de este yacimiento, ocupado durante varios periodos, mediante la identificación de las diferentes culturas representadas, así como definir la localización y la extensión de sus asentamientos. Las primeras investigaciones en el yacimiento, que utilizaban métodos de muestreo no probabilístico, determinaron la existencia de una fase principal de asentamiento, ca. 5.900-5.200 a.C., seguida de varias fases menores de ocupación. No obstante, el subsiguiente hallazgo de materiales correspondientes al Neolítico precerámico sugeriría que la historia de ocupación del yacimiento podría ser más compleja de lo que hasta entonces se pensaba.

Una vez determinada la extensión del yacimiento, se recogieron artefactos, tales como fragmentos de cerámica y herramientas líticas, mediante procedimientos de muestreo estratificado aleatorio basado en un sistema de cuadrícula. Se extrajeron muestras de cuarenta y seis de las cuadrículas de este entramado, lo que suponía un 4% de las 12,5 hectáreas ocupadas por el yacimiento. El análisis tipológico de los artefactos permitió a Mottram la identificación de 10 grandes fases de ocupación, en las que se manifestaba la presencia 15 periodos culturales distintos. La concurrencia de artefactos pertenecientes a etapas transicionales indicaba que la ocupación tendría en muchas ocasiones continuidad entre una fase y otra, lo que atestiguaba largas etapas de estabilidad política y económica.

Para establecer en qué zonas del tell se habían situado los distintos asentamientos se emplearon programas de SIG, con los que se elaboraron mapas de distribución de artefactos pertenecientes a las distintas fases de ocupación. Los mapas de contorno resultantes se sobrepusieron en un mapa topográfico

El equipo de prospección en Tell Halula (derecha), usando un teodolito.

Imagen obtenida por un satélite CORONA (abajo) del distrito de Halula, que muestra la ubicación del tell y el límite de la zona analizada.



del yacimiento y entre sí, permitiendo la interpretación del yacimiento.

Resultados de la prospección
Una importante conclusión alcanzada tras el desarrollo de este trabajo, junto con el establecimiento del número, el tamaño y la cronología de los distintos asentamientos, fue el de la identificación de algunos de los procesos que habían llevado a la formación del montículo, y cómo éstos habían afectado al material en superficie. Un importante descubrimiento fue el que condujo a

saber que el montículo se había compuesto originariamente de dos tells, uno en el sudeste y otro en el oeste y el norte. Los mapas también revelaron que el yacimiento se encuentra profundamente erosionado, situación evidentemente agravada en los últimos tiempos con la eliminación de la arquitectura superficial.

Los depósitos de ocupación más tardía se han degradado de forma considerable, dejando muy expuestos los niveles más antiguos. Por tanto, parece probable que muchos de los asentamientos más

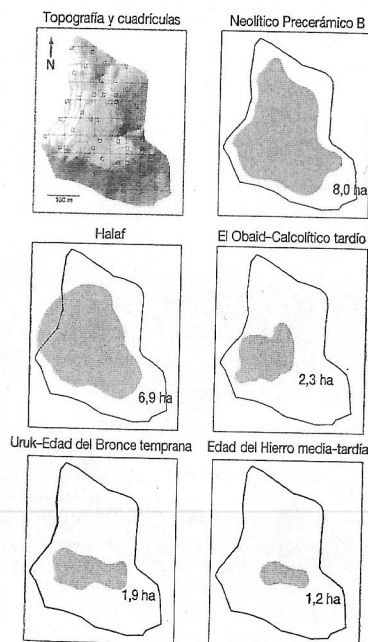


recientes fueran más extensos de lo que indican los restos conservados. Al mismo tiempo, sabemos ahora con certeza que la fase de ocupación más prolongada en este yacimiento se corresponde con la fase del Neolítico precerámico, que se extiende en ca. 7.900-6.900 a.C., más que durante el periodo de Halaf, como anteriormente se pensaba.

Otro descubrimiento importante fue que el abandono definitivo del yacimiento se produjo aproximadamente en el 600 a.C., tras la caída del Imperio neosirio. Todos los materiales posteriores a esa fecha encontrados eran producto de movimientos de tierra o de tareas de abonado por parte de los habitantes de un asentamiento vecino, lo que indica que, al menos durante dos milenios, Tell Halula ha sido empleado como tierra para uso agrícola.

El proyecto demostró que la prospección superficial, en combinación con SIG, resulta válida para obtener una comprensión clara de secuencias de ocupación como la de este yacimiento revelando además detalles de su historia hasta el momento desconocidos.

Plano de Tell Halula que muestra la disposición de las cuadrículas de recogida de hallazgos, junto con unos diagramas que muestran la distinta distribución y ubicación del asentamiento en 5 de sus 10 fases de ocupación.



otros yacimientos egipcios, a las cavidades de las estructuras mayas o a las numerosas tumbas sin excavar de China.

La propia Gran Pirámide ha sido el objeto de sondeos recientes realizados por equipos franceses y japoneses que creían que podía contener cámaras y corredores aún sin descubrir. Utilizando un equipo microgravimétrico ultrasensible detectaron lo que se creyó que era una cavidad, a unos 3 m más allá de uno de los muros del pasadizo. Sin embargo, no se han completado las pruebas de perforación llevadas a cabo para corroborar esta afirmación y todas las comprobaciones están siendo revisadas por las autoridades egipcias debido a su posible contribución al estudio de la Egiptología.

La teledetección bajo la superficie

Las técnicas de sondeo son útiles pero, inevitablemente, conllevan alguna alteración del yacimiento. Existen, sin embargo, un gran abanico de técnicas no destructivas, ideales para el arqueólogo que pretenda conocer mejor un yacimiento antes de -o sin- excavarlo. Estos dispositivos de detección geofísica pueden ser activos (es decir, que pasan distintos tipos de energía a través del suelo y miden las respuestas obtenidas para «leer» qué se esconde bajo la superficie) o pasivos (es decir, miden propiedades físicas, como el magnetismo y la masa, sin necesidad de inyectar energía para obtener una respuesta).

Métodos sísmicos y acústicos. El modo más simple de hacer pasar energía a través del suelo es golpeándolo. En el «bosing» (o «bousing») la tierra es percutida con un pesado mazo de madera o un recipiente relleno de plomo en el extremo de un mango largo. El registro del sonido resultante ayuda a localizar las estructuras sepultadas, ya que un ruido sordo indica que el suelo no está alterado, mientras que las zanjas y hoyos ocultos bajo el suelo producen un efecto más resonante. Esta técnica ha quedado obsoleta debido a los avances tecnológicos.

Un método más refinado, desarrollado por el Ejército de los EEUU, ha sido aplicado en el Japón a los proyectos arqueológicos de Yasushi Nishimura. Esta **técnica de ondas verticales** consiste en un aparato que genera y amplifica las llamadas ondas Rayleigh golpeando el suelo suave y repetidamente. Un artefacto de 20 kg de peso puede alcanzar profundidades de 10 m, pero uno más potente puede llegar a los 70 m o incluso 100 m. La velocidad de las ondas se puede calcular mediante dos puntos de captación separados por una distancia fija. Dado que las ondas se propagan con más rapidez en los materiales duros y más lentamente en la arcilla o las materias blandas, se pueden detectar estructuras tales como superficies de suelo sepultadas. Las secciones generadas por el aparato pueden ser luego transformadas en un mapa de curvas de nivel de las estructuras enterradas.

En otros lugares se han utilizado tipos diferentes de sondeo acústico, como el sónar. Por ejemplo, Kent Weeks y su equipo de la Universidad de California han realizado planos

sistemáticos de las tumbas del Valle de los Reyes en Tebas, Egipto. Empleando aparatos de sónar, localizaron con éxito, en 1987, una tumba importante a solo 15 m de la del faraón Ramsés II, que se cree perteneció a uno de sus muchos hijos.

La detección de las anomalías gravitacionales, como ya mencionamos en el apartado relativo al sondeo de las pirámides, puede localizar huecos, como cuevas. Y los métodos sísmicos utilizados habitualmente por los prospectores de petróleo han ayudado a conocer detalles de los cimientos de la Basílica de San Pedro del Vaticano, en Roma.

Una de las aplicaciones arqueológicas más importantes de las técnicas de sondeo acústico se realiza, sin embargo, en los proyectos subacuáticos (véase cuadro, p. 109). Por ejemplo, después de que la red de un pescador de esponjas rescatase una estatua de bronce que representaba a un niño africano en las costas de Turquía, George Bass y sus colegas pudieron llevar a cabo con éxito la búsqueda del barco romano del que procedía, gracias a los sistemas de localización acústica.

Métodos electromagnéticos. Es un método básicamente similar, que no utiliza ondas sonoras sino de radio, es el radar de penetración (GPR). El emisor, emite impulsos breves a través del suelo, cuyos ecos reflejan cualquier variación percibida en las condiciones del mismo, como zanjas de relleno, tumbas, muros, etc., y la profundidad a la que se produce la anomalía, en base al tiempo de respuesta. Con ello, y el uso de programas informáticos de procesamiento de información y de generación de imágenes, podemos realizar mapas tridimensionales de los restos arqueológicos.

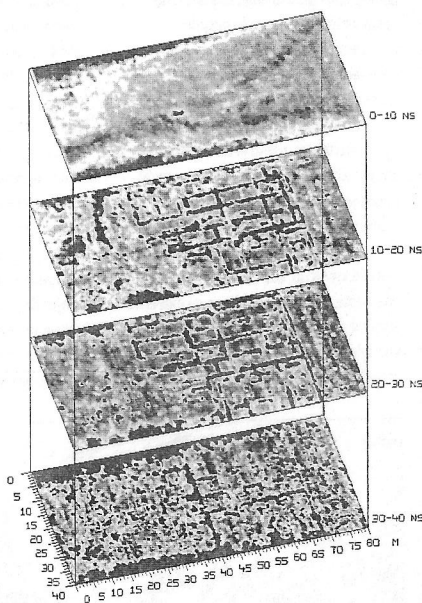
En el terreno, esta técnica normalmente emplea una sola antena de radar de superficie, que emite brevísimos impulsos de energía electromagnética sobre el terreno. Un dispositivo receptor recoge las respuestas producidas por las discontinuidades en el subsuelo, sean éstas provocadas por cambios naturales en los contornos o las propiedades del relleno o por la presencia de estructuras arqueológicas. El tiempo que tardan las ondas de radar en viajar desde la superficie hasta esta discontinuidad y de vuelta al receptor es medido en nanosegundos lo que, dado que la velocidad de la onda puede ser estimada, permite calcular la distancia recorrida.

La aplicación de esta técnica a la exploración y el registro arqueológicos supone transportar a pie la antena a lo largo de transectos definidos, mientras ésta emite y recibe numerosos impulsos por segundo. En los primeros años de aplicación de este procedimiento, jalonadas de grandes éxitos y notables fracasos, las respuestas eran impresas sobre papel e interpretadas visualmente, lo que las hacía fuertemente dependientes de la habilidad y la experiencia del arqueólogo, que frecuentemente no podía sino limitarse a especular con la naturaleza de unas estructuras enterradas a partir de imágenes indecifrables, produciendo resultados no concluyentes. En nuestros días, sin embargo, la técnica ha sido considerablemente mejorada, y la información puede ser almacenada digitalmente, lo que permite llevar a cabo sofisticados análisis

que cuyo resultado es más fácil de interpretar. Los potentes ordenadores y los programas disponibles en la actualidad hacen posible el almacenamiento de grandes paquetes de información GPR, posibilitando la automatización de los datos y el procesamiento de las imágenes, y ayudando a interpretar perfiles complejos.

Uno de estos avances es el uso de «capas temporales» o «mapas por capas». En ellos, se combinan miles de respuestas individuales en un solo paquete de datos tridimensionales, que puede posteriormente ser «dividido» en capas horizontales, correspondientes a distintas profundidades en el subsuelo, lo que revela la forma y ubicación generales de las estructuras enterradas a distintas cotas. Las imágenes se forman con distintos colores (o tonalidades de gris), para facilitar la visualización y la interpretación; por ejemplo, zonas que generan una respuesta escasa o nula son coloreadas de azul, y aquellas que generan una respuesta alta, serán reflejadas con un color rojo. Por tanto, cada capa quedara expresada como una capa horizontal que puede ilustrar los elementos enterrados en el subsuelo.

Por ejemplo, en el Forum Novum, un antiguo mercado romano situado aproximadamente a 100 km al norte de Roma,



Capas obtenidas en el yacimiento de Forum Novum, en Italia. La capa superior, a 0-10 ns (nanosegundos, equivalentes a 0-50 cm) revela una anomalía en forma de Y, correspondiente a dos carreteras de grava. A medida que las capas profundizan en el subsuelo, los muros de época romana comienzan a afiorar de forma clara, mostrando una planta regular con habitaciones, umbrales y corredores. La capa más profunda muestra el nivel de los pavimentos de las estancias, y los objetos que sobre ellos se conservan.

un equipo formado por arqueólogos británicos procedentes de la Universidad de Birmingham y de la Escuela Británica de Arqueología en Roma, precisaban obtener una imagen más definida de una zona aún no excavada sobre la que ya se habían desarrollado estudios de fotografía aérea y de resistividad (véase más adelante). Las capas obtenidas mediante el uso de GPR revelaron la existencia de abundantes muros, habitaciones, umbrales, patios —permitieron conocer de la disposición arquitectónica del yacimiento, de forma que las futuras excavaciones podrán centrarse en las estructuras más representativas.

Recientemente, las técnicas GPR han sido aplicadas sobre distintas zonas de la cuarta ciudad más grande de Inglaterra en época romana, Wroxeter, en Shropshire (véase cuadro, pp. 102-103); las «capas» obtenidas, que representan distintas profundidades, han servido para revelar la evolución de la ciudad a través de 400 años de historia. Este estudio, en el que también se incluyó una extensísima prospección magnetométrica (véase cuadro, p. 104), ha mostrado que las calles de la ciudad cubrirían una extensión mucho más grande de lo que se pensaba —más de 60 hectáreas— y que éstas seguían una planta ortogonal en la que las casas, las tiendas y los talleres aparecen claramente definidos.

La localización de la zona de enterramiento y la definición del diseño estructural del túmulo funerario de Kanmachi Mandara, en Japón, fechado aproximadamente en el 350 d.C., fue posible gracias a la aplicación de las técnicas GPR, ya que las leyes de protección del patrimonio impedían su excavación. Para ello, se tomaron perfiles de radar en intervalos separados por 50 cm, mediante la emisión de impulsos que podían penetrar aproximadamente 1 metro en el subsuelo.

Otros métodos electromagnéticos a la disposición del arqueólogo son aquellos que miden la conductividad del suelo y los dispositivos de medición de inyección de impulsos (véase cuadro, p. 104).

Prospección por resistividad. La *resistividad eléctrica* es un método muy común que ha sido empleado en yacimientos arqueológicos durante muchas décadas, sobre todo en Europa. La técnica se basa en el principio de que cuanto más humedad contenga el suelo, mejor conductor de electricidad será. Un contador de resistividad, acoplado a unos electrodos introducidos en el suelo, puede medir así los distintos grados de resistencia del subsuelo ante una corriente que pasa entre los electrodos. Las zanjas colmatadas con sedimentos o los fosos rellenos retienen más humedad que los muros o vías de piedra y ofrecerán, por tanto, una resistividad más baja que las estructuras pétreas.

La técnica ofrece unos resultados especialmente positivos en la identificación de trincheras y pozos excavados en creta y gravilla, y de estructuras de piedra sepultadas en rellenos arcillosos. Normalmente, esta técnica supone plantar dos polos «remotos», que permanecen estacionarios, sobre el terreno. Posteriormente, se hacen las lecturas insertando en el terreno los dos polos «móviles», ajustados a un arma-

zón sobre el que también se ajusta el dispositivo receptor. Una variación de esta técnica es la elaboración de perfiles de resistividad, lo que implica la medición de la resistividad del relleno a distintas profundidades mediante la ampliación de la distancia entre los polos, y por tanto construyendo una «pseudosección» vertical. Otra variante, más sofisticada, e inspirada en la ciencia médica, es la tomografía eléctrica, y es seguro que en el futuro podremos asistir a la combinación de perfiles múltiples para la creación de imágenes tridimensionales de superficies ocultas en el subsuelo.

Uno de los inconvenientes de esta técnica es su lentitud, por la necesidad de hacer contactos eléctricos sobre el terreno. Los geofísicos británicos y franceses han desarrollado dispositivos sobre ruedas que aceleran el ritmo de la prospección. Otro inconveniente de la resistividad eléctrica es su pobre funcionamiento si el terreno es demasiado duro o está demasiado seco, siendo especialmente eficiente en yacimientos correspondientes a un solo periodo y que estén enterrados a poca profundidad, más que en yacimientos complejos y profundos. No obstante, esta técnica es un eficaz complemento para otras técnicas de teledetección. Ciertamente, puede sustituir a los métodos magnéticos (véase más adelante), dado que, al contrario de lo que ocurre con algunos de éstos, puede emplearse en áreas urbanas y en las cercanías de líneas eléctricas y de objetos de metal. Además, la resistividad también permite la identificación de muchos de los elementos detectables por métodos magnéticos, habiéndose alzado como el procedimiento más eficaz para la detección de estructuras en algunos proyectos de campo.

Métodos de prospección magnética. Entre ellos se encuentran los métodos de prospección más empleados, que resultan útiles, sobre todo, en la localización de construcciones de arcilla cocida de objetos de hierro y de hoyos y zanjas. Todas estas estructuras sepultadas producen distorsiones débiles pero mensurables en el campo magnético terrestre. Las razones de estas distorsiones varían según el tipo de vestigio, pero se basan en la presencia de hierro, incluso en cantidades insignificantes. Por ejemplo, los granos de óxido de hierro de la arcilla, cuyo magnetismo se orienta al azar si la arcilla no está cocida, se alinearán y permanecerán fijos en la dirección del campo magnético terrestre cuando sean calentados a 700°C o más. La arcilla cocida se convierte en un débil imán permanente, produciendo una anomalía en el campo magnético circundante. Por otra parte, las anomalías originadas por fosos y zanjas se producen debido a que la llamada susceptibilidad magnética de sus contenidos es mayor que la del subsuelo circundante.

Todos los instrumentos magnéticos pueden producir mapas informativos de los yacimientos que ayudan a delimitar el potencial arqueológico (véase cuadro, p. 104). Dos modos corrientes de presentación son los mapas de curvas de nivel y los mapas de densidad de puntos, también utilizados para exponer los resultados de la prospección de resistividad. En el caso de la prospección magnética, el mapa de curvas de nivel

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA EN LA WROXETER ROMANA

Wroxeter
INGLATERRA

La ciudad romana de Wroxeter, o Viroconium Comoviorum, era con sus casi 78 hectáreas el cuarto centro urbano más grande en la provincia de Britania, y la capital de la tribu comovia. En la actualidad, resulta de gran importancia porque, en contraste con muchas de las otras ciudades romanas de Gran Bretaña, en gran medida Wroxeter se conserva sin haber sufrido grandes daños.

La ciudad ha sido objeto del interés de los arqueólogos durante el último siglo, en el que los anticuarios realizaron extensas excavaciones en la zona de los edificios públicos. También se han desarrollado excavaciones modernas a gran escala, bajo la batuta de Graham Webster y Philip Barker. Durante años la ciudad ha sido sometida a una intensa prospección aérea, que ha proporcionado importantes evidencias acerca de la disposición del centro urbano y de su posible desarrollo, y ha permitido elaborar un plano considerablemente detallado del mismo.

Antes contábamos con mucha información acerca del yacimiento y de su historia, desde la construcción de un

fuerte para las legiones XIV y XX en el 60 a.C., y la fundación de la Civitas Comoviorum alrededor del año 90, hasta las intrigantes evidencias sobre la ocupación posromana. Esta información era, no obstante inconsistente. Las excavaciones modernas han afectado a una pequeñísima extensión del yacimiento, menos del 1% del total, mientras que la fotografía aérea no resulta eficiente para toda el área, y generalmente refleja solamente los edificios de piedra, y ni siquiera todos ellos.

Prospección de la ciudad

El Wroxeter Hinterland Project tenía como objetivo el estudio del impacto de la ciudad en su entorno, y se alcanzó la conclusión de que para llegar a cumplir dicho objetivo era necesario tener un plano más completo del interior de la ciudad. Se decidió para ello llevar a cabo una prospección geofísica de la totalidad de la extensión de la ciudad a la que se tenía acceso –y dada la extensión del área, esto puede definirse como una solución radical–. El proyecto se desarrolló a lo

largo de varios años, por parte de un equipo internacional formado por geofísicos británicos y extranjeros, y en el que participaron instituciones nacionales como English Heritage y empresas privadas, como GSB Prospection. La ejecución del proyecto y sus resultados resultan impresionantes: la prospección gradiométrica cubrió casi 63 hectáreas, lo que representa un total de más de 2,5 millones de puntos de datos, y la prospección por resistividad se extendió por casi 15 hectáreas. También se cubrieron más de 5 hectáreas con un radar de penetración, cuya información es susceptible de ser dividida informáticamente por capas (para saber la profundidad a la que se encuentran las estructuras; véanse p. 100-101) y se emplearon infinidad de técnicas más, incluidas prospección sísmica, por conductividad y por magnetometría de cesio. Muchas de estas técnicas fueron empleadas en menor medida, pero aun así sirvieron para aportar una valiosísima información comparativa.

Resultados

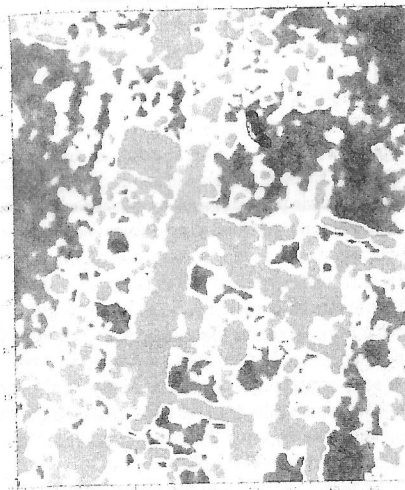
El resultado de este trabajo supone el plano más completo y extenso de los que disponemos para una gran ciudad romana en Gran Bretaña. Existen evidencias de áreas centrales ocupadas

Imagen magnetométrica del área al sur de la insula de las termas (izquierda). Pueden apreciarse una gran casa con patio y un edificio con ábside, interpretado como una iglesia.

Plano compuesto (página opuesta, arriba) con las distintas capas obtenidas de la lectura por radar de un edificio (izquierda) y reconstrucción en realidad virtual (disponible en internet) del edificio ábsidal interpretado como iglesia (derecha).

Detalle (página opuesta, abajo) de la planta de la Wroxeter romana, basado en el estudio de fotografía aérea, desarrollado por David Wilson, y de magnetometría (izquierda). El equipo disponiéndose a instalar los dispositivos necesarios para una prospección por radar de penetración en Wroxeter (derecha).

Wroxeter Roman City 16-24ns Time Slice



por edificios para la elite, rodeadas de zonas artesanales, siendo posible identificar áreas industriales especializadas. La abundancia de pozos en la zona noroeste de la ciudad acaso apunte hacia actividades agroindustriales, como el teñido. Un espacio abierto al este de la zona central puede ser interpretado como un *forum boarium* (mercado de ganado).

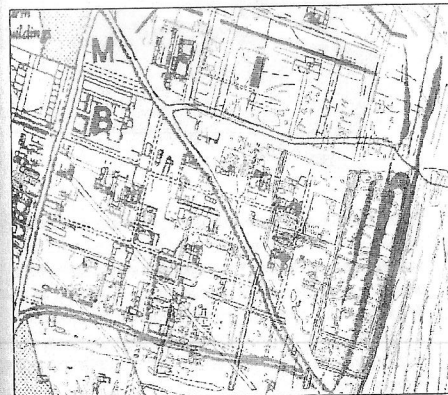
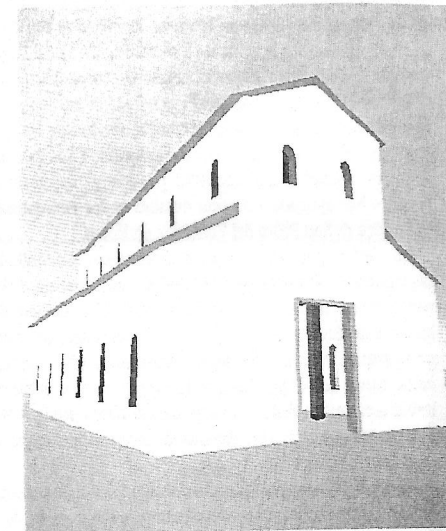
Existe un gran edificio de piedra, de 27 m de longitud, con una orientación este-oeste, y con un ábside en su extremo oriental, que posiblemente se trate de una iglesia. Igualmente importante, entre la información obtenida mediante

el gradiómetro, es el fenómeno del magnetismo «invertido» registrado en la zona noreste de la ciudad. Parece razonable interpretarlo con un gran incendio, que arrasaría esta zona de la ciudad, alterando las propiedades magnéticas de la piedra empleada en la construcción.

La prospección geofísica también nos ofrece ciertos datos acerca de la prehistoria del yacimiento: en la prospección pudieron reconocerse varias zanjas dispuestas circularmente, y un pequeño recinto de defensa al que se asocian varios sembrados, lo que posiblemente represente el paisaje de la

Edad del Hierro anterior a la presencia romana.

El plano obtenido mediante la prospección geofísica en Wroxeter resulta excepcional: es el plano de una ciudad romana más detallado de los producidos en Gran Bretaña –sin que haya habido que acometer ningún destructivo proceso de excavación–. En la actualidad, el plano está sirviendo de base para la reconstrucción de la ciudad en realidad virtual. No obstante, el estudio no solo resulta importante por la cantidad o incluso la calidad de los datos obtenidos, sino porque forma parte orgánica de un programa de investigación más extenso.

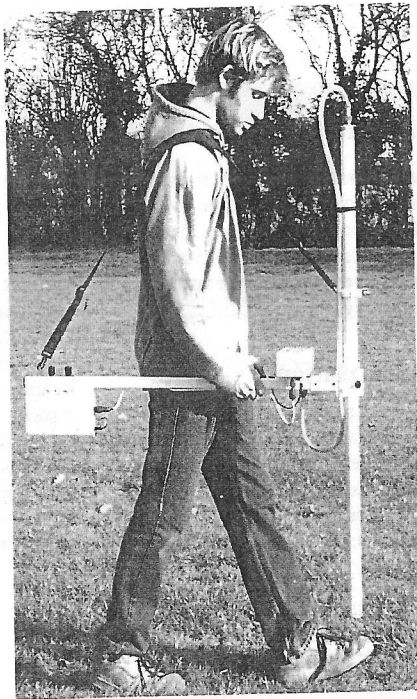


MEDICIÓN DEL MAGNETISMO

La mayor parte de las prospecciones magnetométricas se ejecutan con un magnetómetro de flujo o con uno de vapores de metales alcalinos.

Magnetómetro de flujo. Generalmente, estos instrumentos se componen de dos sensores fijados de forma rígida en ambos extremos de un tubo vertical, y miden solo el componente vertical de la fuerza del campo magnético local. El magnetómetro es acarreado a lo largo de una serie de líneas, por lo general con 1 m de separación, basadas en una trama de prospección que cubre todo el yacimiento. La señal se almacena automáticamente en la memoria del aparato para ser descargada posteriormente. Para acelerar el proceso de prospección, pueden utilizarse varios gradiómetros de flujo de forma simultánea, montados en ocasiones sobre un armazón, portado por el prospector y en otras en un vehículo con ruedas. De esta forma, pueden cubrirse varias hectáreas rápidamente, revelando la presencia de estructuras como pozos, zanjas, hogares, hornos o complejos de asentamiento completos.

Un magnetómetro alternativo y a veces más eficiente es el tipo de **vapores de metales alcalinos**, generalmente un magnetómetro de cesio. Aunque es más caro y bastante difícil de manejar, su ventaja sobre el magnetómetro de flujo es su mayor sensibilidad, que le permite detectar estructuras con un campo magnético débil, o que están enterradas a más profundidad de la habitual. Estos instrumentos han venido siendo utilizados con gran éxito desde hace años en la Europa continental, y su popularidad crece en el resto del mundo. Al contrario de lo que ocurre con el magnetómetro de flujo, miden la totalidad del campo magnético (pero también pueden funcionar como un gradiómetro de campo total si se configuran dos sensores montados verticalmente). Este tipo de prospecciones pueden cubrir hasta 5



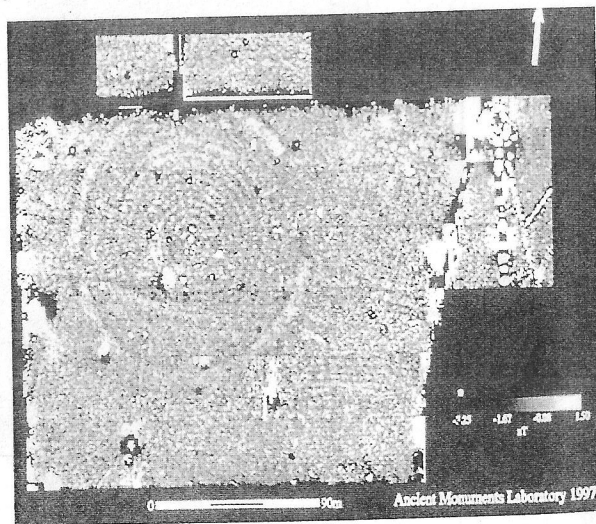
Gradiómetro de flujo de componente vertical simple modelo Bartington Grad 601/1, capaz de hacer diez lecturas por segundo con una resolución de 0,1 nT/m.

hectáreas diarias, con un intervalo de muestra de alta resolución (0,5 x 0,25 m).

Aunque se conocen los haces de magnetómetros de flujo, muchas prospecciones se ejecutan con un sistema de sensores dobles, con un intervalo de

muestras de ca. 0,1 x 0,25 m. Los magnetómetros de flujo son los preferidos por su precio, su versatilidad y su capacidad para detectar un abanico de estructuras similar al detectado por los sistemas de cesio.

Resultados de una prospección magnetométrica en el yacimiento de Stanton Drew, en Somerset. Dicha prospección reveló la existencia de una estructura circular de madera formada por nueve anillos concéntricos de postes ya completamente desaparecidos.



está compuesto por líneas que unen aquellos puntos con un campo magnético de la misma intensidad –ésta revela, con bastante buen resultado, las anomalías individuales como por ejemplo las tumbas de un cementerio–. En el mapa de densidad de puntos, las lecturas de cada magnetómetro se sitúan en un plano en forma de puntos, el sombreado depende de la intensidad magnética y, por tanto, las zonas más oscuras representan las irregularidades más destacadas del campo magnético local. Esto facilita la captación a simple vista de las estructuras regulares, incluso cuando las variaciones sean tenues.

Los nuevos avances en el procesamiento informático de imágenes permiten la manipulación de la información para reducir las interferencias y resaltar las anomalías arqueológicas más sutiles. Por ejemplo, el «filtrado direccional» permite «iluminar» una «superficie» o la escala vertical seleccionada desde varias direcciones y ángulos, haciendo que las pequeñas anomalías resulten más fácilmente apreciables. Este tipo de procesamiento de la información se inspira en el efecto de la luz oblicua del sol sobre las estructuras soterradas, pero con la flexibilidad añadida que ofrece la manipulación informática.

Detectores de metales. Estos aparatos electromagnéticos también resultan útiles para detectar restos sepultados –y no solo los metálicos–. Haciendo pasar una corriente eléctrica a través de una bobina transmisora se genera un campo magnético alterno. Los objetos metálicos enterrados distorsionan este campo y son detectados mediante una señal eléctrica captada por una bobina receptora.

Otras técnicas. Hoy menos comunes, su uso se extenderá en el futuro, especialmente el análisis geoquímico.

La **prospección térmica**, ya mencionada en el apartado dedicado a la fotografía aérea, se basa en las débiles variaciones de temperatura (unas décimas de grado) que se producen sobre las estructuras enterradas cuyas propiedades térmicas difieren de las de su entorno. Esta técnica ha sido fundamentalmente aplicada desde el aire, pero también existen cámaras termales para su uso desde tierra; hasta la fecha, su empleo para el descubrimiento de estructuras arqueológicas ha sido escaso, pero pueden resultar eficaces en la detección de elementos estructurales ocultos en edificios, como pueden ser umbrales cegados en iglesias. Hasta ahora, el método se ha aplicado principalmente a construcciones largas o macizas, como recintos prehistóricos o edificaciones romanas.

El estudio y elaboración de mapas de la **vegetación** de un yacimiento puede ofrecer mucha información relativa a trabajos anteriores.

El **análisis geoquímico** consiste en la toma de muestras de tierra a intervalos regulares, que pueden ser de un metro, de la superficie de un yacimiento y sus alrededores, y en la medición de su contenido en fosfatos. Los trabajos de campo realizados en Suecia en las décadas de 1920 y 1930, revelaron por primera vez la íntima relación existente entre los asentamientos antiguos y las elevadas concentraciones de fósforo en el

suelo. Los componentes orgánicos de los desechos de ocupación pueden desaparecer; en cambio, los restos inorgánicos, como el magnesio y el calcio, se pueden analizar, aunque los fosfatos son los más fáciles de identificar y los que ofrecen mejores resultados. Posteriormente, se utilizó este método para localizar yacimientos en Norteamérica y el noroeste de Europa: Ralph Solecki, por ejemplo, detectó enterramientos en Virginia Occidental por este medio.

Los recientes análisis de fosfatos de muestras tomadas en yacimientos ingleses a intervalos de 20 cm desde la superficie, han confirmado que las estructuras arqueológicas inalteradas que existen en el subsuelo se reflejan en las zonas superiores con gran precisión. En el pasado, se consideraba que el nivel superior del suelo no estaba estratificado y, por lo tanto, que estaba desprovisto de información arqueológica; a menudo se retiraba sin ningún tipo de investigación. Sin embargo, hoy en día no hay duda de que incluso un yacimiento aparentemente removido en su totalidad, puede proporcionar información química importante sobre el lugar exacto donde se produjo la ocupación.

El método de fosfatos es también de gran valor en yacimientos que parezcan carecer de estructuras arquitectónicas internas. En algunos casos, también puede ayudar a aclarar la función de las distintas partes de un yacimiento excavado. Por ejemplo, en una alquería romano-británica de Cefi Graeanog, en el norte de Gales, J. S. Conway tomó muestras de suelo a intervalos de 1 m en los pavimentos de las cabañas excavadas en los campos vecinos, y situó en un plano los contenidos de fósforo en forma de curvas de nivel. Un elevado nivel de fósforo, que atravesaba una de las edificaciones, señaló la existencia de dos establos con un sumidero para el desagüe de orines entre ambos. En otro, las lecturas elevadas indicaron la posición de dos hogares.

Este tipo de estudios son lentos, debido a que hay que crear un reticulado de muestras, recogerlas, pesarlas y analizarlas. Pero son cada vez más corrientes en los proyectos arqueológicos, ya que dan a conocer estructuras que otras técnicas no detectan. Al igual que los métodos basados en el magnetismo y la resistividad, permiten elaborar una imagen detallada de las estructuras de mayor interés arqueológico, incluidas en áreas más amplias que han sido previamente identificadas.

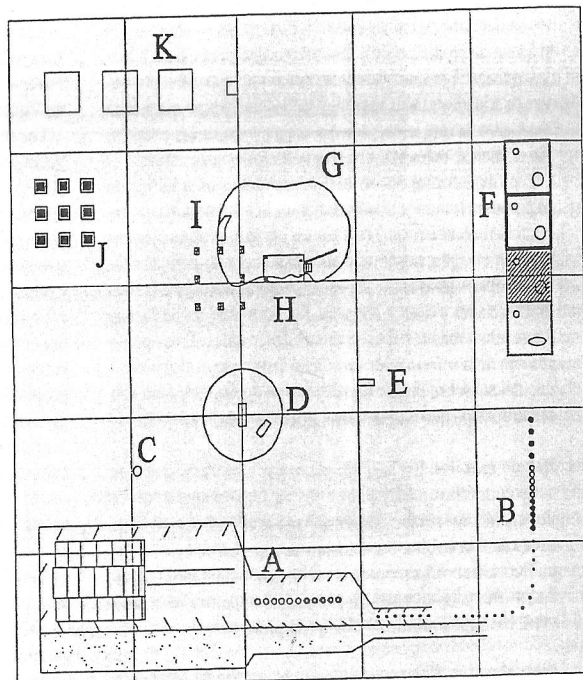
Para concluir este apartado dedicado a la prospección geofísica, nos referiremos de pasada a una técnica conflictiva que tiene algunos seguidores. La **radiestesia** –la localización de estructuras sepultadas mediante el movimiento de una rama, una varilla de cobre, un gancho, un péndulo u otro instrumento– ha sido aplicada a la arqueología durante al menos 50 años, pero sin ser tomada en serio por la mayoría de los arqueólogos.

Sin embargo, a mediados de la década de los ochenta, se empleó en un proyecto para delimitar los cimientos de una iglesia medieval en Northumberland, Inglaterra, y los arqueólogos escépticos que estaban implicados quedaron convencidos de la validez de la técnica. La mayoría de los arqueólogos,

YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DE PRUEBAS

Tal como mostramos en este capítulo, en la actualidad existen muchas formas de «mirar» en el subsuelo, pero los problemas empiezan cuando se trata de interpretar lo que los escáneres revelan, porque existen infinidad de cosas que pueden enviar una señal idéntica. Para que la evaluación de estos datos sea más que un pronóstico más o menos informado, los Construction Engineering Research Labs (CERL), del ejército de los EEUU, decidieron acometer la construcción de un Yacimiento Arqueológico de Pruebas (YAP) en Urbana, Illinois, en el que investigar y formar acerca de las aplicaciones arqueológicas de la geofísica. Un segundo yacimiento de pruebas ha sido construido en el estado de Washington.

Este «yacimiento arqueológico controlado» cubre una extensión de 2.500 m² y está situado cerca del campus de la Universidad de Illinois. Un metro bajo la superficie se han construido cuatro pavimentos domésticos consecutivos; además, también hay hogares, pozos para asar carne, pozos para arrojar los desperdicios y grupos de artefactos; estructuras funerarias, como los enterramientos en túmulo de un perro y un cerdo, bajo los suelos domésticos o en fosas aisladas; un conjunto de estructuras de ladrillos, de distinta composición y a distintas profundidades; un horno de tierra con restos de pollos cocinados y ñames en su interior; conchas de almeja; empalizadas, agujeros de poste, zanjas y taludes —estos últimos, en tramos de diferentes tamaños y composición—. En otras palabras, el yacimiento reproduce el tipo de estructura efímera dejado habitualmente por las culturas indígenas en el Medio Oeste norteamericano, que por lo general resultan difíciles de distinguir con las técnicas expuestas en



Plano del YAP, que muestra las distintas estructuras enterradas: A) zanja y talud; B) empalizada; C) hogar; D) túmulo; E) enterramiento; F) complejo doméstico; G) muladar; H) bodega histórica; I) pilares de piedra caliza y acerado de ladrillo; J) estructura de ladrillo; K) estructura de madera y objetos de metal.

este capítulo. También existe un conjunto de estacas de madera, tuberías de metal, y otros objetos, siguiendo distintas configuraciones y a varias profundidades.

Dado que la localización y la profundidad de todas las estructuras soterradas en el YAP se conocen al milímetro, no es necesario excavar para evaluar los resultados. En el yacimiento se han desarrollado experimentos de aplicación de métodos de investigación no destructiva, con el objetivo de alcanzar

sistemas mucho más precisos de localización e identificación de restos enterrados.

La aplicación del GPR en ambos yacimientos de pruebas ha servido ya para resaltar la importancia del agua como factor determinante en la aparición de reflejos de energía de radar. La retención y distribución de agua en los sedimentos de un yacimiento pueden afectar significativamente a la detección y delimitación de los restos que se encuentran bajo la superficie.

En consecuencia, por el momento, y hasta que se disponga de pruebas indiscutibles de la validez de la radiestesia y de otros métodos no convencionales, los arqueólogos seguirán confiando en el creciente número de técnicas científicas comprobadas para la obtención de datos referentes a la distribución de yacimientos sin necesidad de excavación.

aun poseyendo una mentalidad abierta, siguen manteniendo dudas. Solo la excavación puede comprobar estas predicciones. La pruebas realizadas por el físico Martin Aitken para hallar una coincidencia entre los resultados de la radiestesia y las alteraciones magnéticas en un horno de cerámica romano-británica resultaron ser totalmente negativas.

LA EXCAVACIÓN

Hasta aquí, hemos descubierto yacimientos y hemos señalado en un mapa todas las estructuras superficiales y subterráneas que hemos podido. Pero el único método para comprobar la fiabilidad de los datos superficiales, de confirmar la exactitud de las técnicas de teledetección y de ver qué es lo que queda de un yacimiento es.

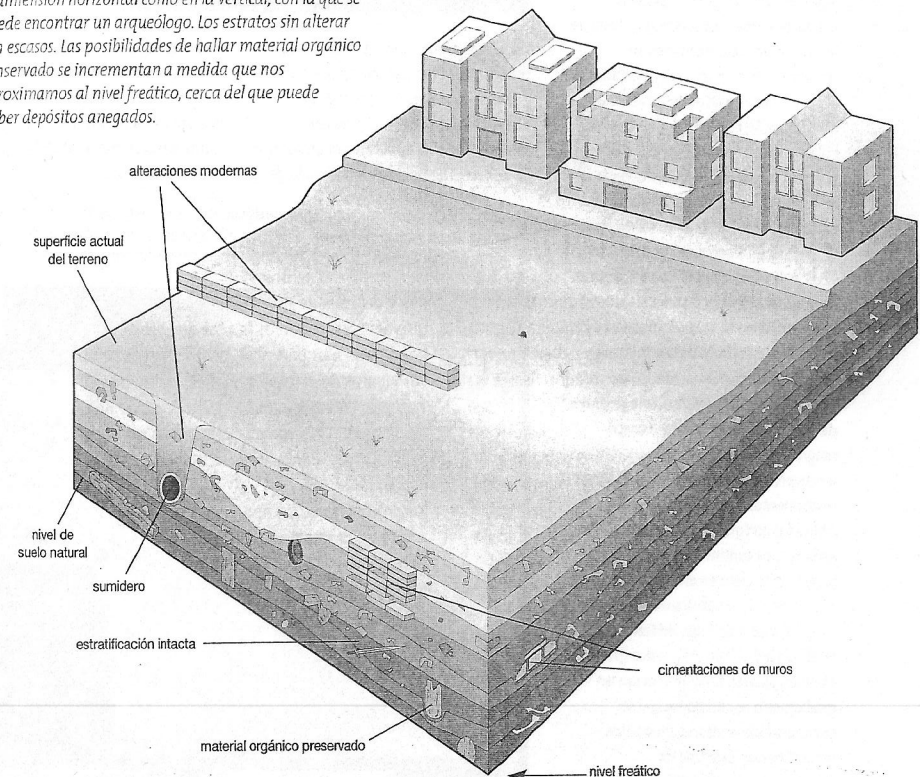
Objetivos de la excavación

La excavación mantiene su papel protagonista en el trabajo de campo porque proporciona la evidencia más fiable para los dos tipos de información que interesan a los arqueólogos: 1) las actividades humanas en un periodo determinado del pasado; y 2) los cambios experimentados por esas actividades de una época a otra. Podríamos decir, en líneas

muy generales, que las actividades simultáneas tienen lugar de forma horizontal en el espacio mientras que sus cambios se producen verticalmente en el tiempo. Esta distinción entre «segmentos de tiempo» horizontales y secuencias verticales es lo que constituye la base de buena parte de la metodología de excavación.

En la dimensión horizontal, los arqueólogos confirman la contemporaneidad verificando, mediante la excavación, que los artefactos y estructuras se encuentran asociados y en un contexto sin alterar. Por supuesto, como ya vimos en el capítulo 2, existen muchos procesos postdeposicionales que pueden perturbar este contexto primario. Uno de los principales propósitos de la prospección y de los procedimientos de teledetección, bosquejados en los apartados anteriores, es seleccionar yacimientos a excavar, o sectores de éstos, que

La complejidad de la estratificación varía según el tipo de yacimiento. Este perfil hipotético de un depósito urbano constituye un ejemplo de estratigrafía compleja, tanto en la dimensión horizontal como en la vertical, con la que se puede encontrar un arqueólogo. Los estratos sin alterar son escasos. Las posibilidades de hallar material orgánico conservado se incrementan a medida que nos aproximamos al nivel freático, cerca del que puede haber depósitos anegados.



estén razonablemente poco alterados. En un yacimiento de un solo periodo, como pueda ser un campamento del hombre primitivo en África Oriental, resulta vital que podamos reconstruir con exactitud el comportamiento humano en el campamento. Pero en un yacimiento con varias fases, como una ciudad europea de larga vida o un tell de Oriente Próximo, el hallazgo de amplias zonas con depósitos sin alterar será prácticamente imposible. Aquí, los arqueólogos tienen que tratar de reconstruir, durante y después de la excavación, qué alteración se ha producido y decidir entonces cómo interpretarla. Sin duda, debe llevarse un registro adecuado a medida que avance la excavación, si se quiere emprender la tarea de interpretación con alguna posibilidad de éxito (véase más adelante). En la dimensión vertical, los arqueólogos analizan los cambios temporales mediante el estudio de la estratigrafía.

La **estratigrafía**. Como vimos en el capítulo 1, uno de los primeros pasos para comprender la gran antigüedad de la humanidad fue el descubrimiento, por los geólogos, del principio de la estratigrafía: que los niveles o estratos se disponen uno encima de otro, como consecuencia de procesos que todavía prosiguen. Los estratos arqueológicos (los niveles de desechos culturales o naturales visibles en los cortes de cualquier excavación) abarcan periodos de tiempo mucho más breves que los geológicos, pero se ajustan, sin embargo al mismo *principio de superposición*. Dicho en pocas palabras, este principio establece que, donde un nivel se superpone a otro, el inferior se habrá depositado antes. Por lo tanto, un perfil vertical excavado que muestre una serie de capas, constituye una secuencia que se ha acumulado a lo largo del tiempo.

En el capítulo 4 se considera su importancia a efectos de datación. Aquí señalaremos que el principio de superposición solo se refiere a la secuencia de deposición, no a la edad del material de los diferentes estratos. Los contenidos de los niveles inferiores son, por lo general, más antiguos que los superiores, pero los arqueólogos no deben limitarse a dar esto por sentado. Los hoyos excavados desde un nivel superior o las madrigueras de los animales (incluso de las lombrices) pueden introducir materiales posteriores en estratos más bajos. Más aún, a veces, los estratos pueden invertirse, como cuando se erosionan constantemente desde la cima de una ladera al fondo de una zanja.

En los últimos años, los arqueólogos han creado un método ingenioso y efectivo para comprobar si los artefactos descubiertos en un depósito concreto son contemporáneos o intrusivos. Han descubierto que en una cantidad asombrosa de casos, las lascas de piedra o hueso pueden encajarse de nuevo, volver a ensamblarse con la forma del bloque de piedra original o del trozo de hueso del que proceden. En el yacimiento mesolítico británico de Hengistbury Head, por ejemplo, el reciente estudio de una excavación anterior demostró que se podían remontar dos grupos de lascas de sí-

lex hallados en niveles distintos. Esto puso en duda la división estratigráfica de ambos estratos y echó por tierra la afirmación del excavador inicial de que las piedras habían sido trabajadas por dos grupos distintos de personas. Además de aclarar problemas de estratificación, la práctica del remontado o reconstrucción está transformando los estudios arqueológicos relativos a la tecnología primitiva (Cap. 8).

La estratigrafía es, por lo tanto, el estudio y evaluación de la estratificación: el análisis de la dimensión temporal y vertical de una serie de niveles, respecto a la dimensión espacial y horizontal.

¿Cuáles son los métodos de excavación más adecuados para recuperar esta información?

Métodos de excavación

La excavación es costosa y destructiva y, por lo tanto, nunca se debe realizar a la ligera. Deben utilizarse antes de la excavación, cuando sea posible, los métodos no destructivos ya expuestos, para lograr los objetivos de la investigación. Pero suponiendo que vaya a realizarse la excavación y que se hayan obtenido los fondos y permisos necesarios para excavar, ¿cuáles son los mejores métodos a aplicar?

Este libro no es un manual de excavación y remitimos al lector a la lista de textos al final de este capítulo y a la bibliografía para una información más detallada. De hecho, pasar unos pocos días o semanas en una excavación en marcha tiene mucho más valor que leer cualquier libro sobre el tema. Sin embargo, ofrecemos aquí una pequeña orientación respecto a los métodos más importantes.

Ni que decir tiene que todos los métodos de excavación han de adaptarse al tema de investigación que tengamos entre manos y a la naturaleza del yacimiento. No es correcto excavar un yacimiento urbano muy estratificado, con cientos de estructuras complejas, miles de hoyos excavados y decenas de miles de artefactos, como si fuera igual a un yacimiento paleolítico al aire libre y poco profundo, donde solo han pervivido una o dos estructuras y unos pocos cientos de artefactos. En el yacimiento paleolítico, por ejemplo, tenemos alguna posibilidad de desenterrar todas las estructuras y registrar la posición exacta, vertical y horizontalmente —es decir, la *situación*— de todos y cada uno de los artefactos. En el urbano esto no es posible debido a los problemas de tiempo y dinero. En cambio, tenemos que adoptar una estrategia de muestreo (pp. 80-81) y solo registraremos la colocación tridimensional de los artefactos clave, como la monedas (con miras a la datación), y situaremos los restantes simplemente en relación al nivel y, quizás, a la cuadrícula en que fueron encontrados.

Se habrá observado, no obstante, que hemos vuelto a mencionar las dimensiones vertical y horizontal. Resultan tan fundamentales para los métodos de excavación como para los principios que subyacen a ésta. En términos generales, podemos dividir las técnicas de excavación en:

ARQUEOLOGÍA SUBACUÁTICA

Se considera que la arqueología subacuática tuvo su primer impulso importante durante el invierno de 1853-1854, cuando el bajo nivel del agua en los lagos suizos dejó a la vista enorme cantidad de postes de madera, cerámica y otros artefactos. Desde las primeras investigaciones, utilizando toscas campanas de buceo, ha llegado a convertirse en uno de los complementos más valiosos del trabajo en tierra firme.

Engloba una amplia variedad de yacimientos entre los que se incluyen pozos, cavidades anegadas y corrientes de agua (p. ej., el gran pozo de sacrificios de Chichén Itzá, en México), asentamientos lacustres sumergidos (p. ej., los de la región alpina) y yacimientos marinos, desde pecios hasta puertos inundados (Cesarea, en Israel) y ciudades hundidas (Port Royal, en Jamaica).

La reciente invención de submarinos en miniatura, otro vehículo sumergible, y sobre todo de los equipos autónomos de buceo ha sido de gran valor, permitiendo que los buceadores permanezcan bajo el agua por más tiempo y que alcancen yacimientos a profundidades antes imposibles. Como consecuencia, el ritmo y escala de los descubrimientos se ha incrementado en las últimas décadas. Se conocen más de 1.000 pecios hundidos a poca profundidad en el Mediterráneo, pero las exploraciones más recientes,

realizadas con sumergibles de aguas profundas, como vehículos a control remoto (VCR) equipados con sónar, iluminación de alta potencia y videocámaras, han empezado a localizar pecios romanos a profundidades superiores a los 850 m, junto a los dos pecios fenicios abarrotados de ánforas descubiertos en la costa de Israel, que son los dos navíos más antiguos jamás descubiertos en aguas profundas.

Prospección subacuática

Los métodos geofísicos resultan tan útiles en la localización de yacimientos bajo el agua como en tierra firme (véase diagrama). Por ejemplo, en 1979 fue una combinación del magnetómetro con el sónar de exploración superficial lo que permitió descubrir el *Hamilton* y el *Scourge*, dos goletas armadas hundidas durante la Guerra de 1812, a una profundidad de 90 m en el Lago Ontario, Canadá. Sin embargo, en algunas regiones como la mediterránea, la mayoría de los hallazgos se han producido gracias a métodos tan simples como hablar con los pescadores de esponjas de la zona, que han pasado, entre todos, miles de horas en el fondo.

Excavación subacuática

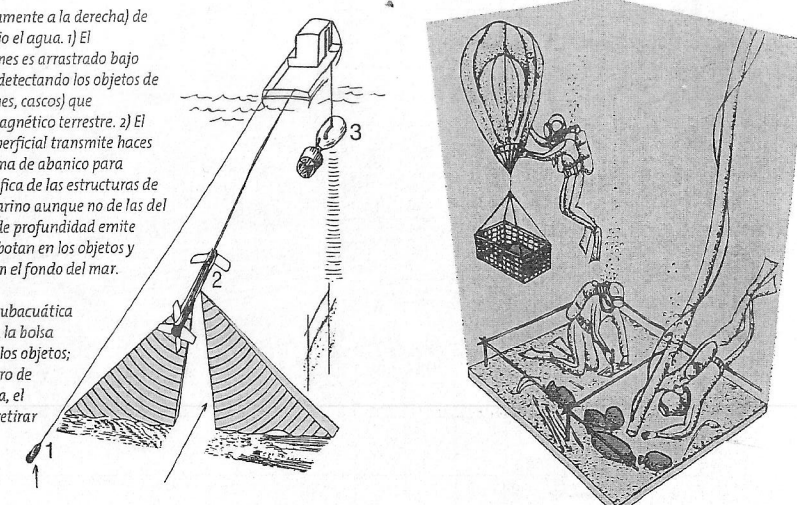
La excavación subacuática es compleja y costosa (sin mencionar las grandes

exigencias de conservación y trabajo analítico tras la excavación). Una vez en marcha, puede implicar la retirada de gran cantidad de sedimentos y el registro y remoción de objetos voluminosos tan diversos como recipiente de almacenaje (ánforas), lingotes de metal y cañones. George Bass, fundador del Institute of Nautical Archaeology de Texas, entre otros, ha creado instrumentos útiles, como cestas atadas a globos para izar los objetos y compresores de aire (mangueras de succión) para retirar los sedimentos (véase diagrama). Si el casco del navío permanece entero, deben hacerse dibujos detallados para que los especialistas puedan reconstruir más tarde las formas y las líneas generales, bien sobre el papel o en forma tridimensional como maquetas o réplicas a tamaño natural (véase cuadro siguiente, El Pecio de Red Bay). En ciertos casos, como el del barco inglés *Mary Rose* (siglo XVI d.C.), la conservación es lo suficientemente buena como para izar los restos del casco.

Los arqueólogos submarinos han excavado hasta ahora más de 100 navíos hundidos, descubriendo no solo cómo estaban construidas, sino también nuevos aspectos de la vida de a bordo, la carga, las rutas comerciales, la metalurgia primitiva y la fabricación del vidrio. Veremos con más detalle dos proyectos: el Pecio de Red Bay, Canadá (página siguiente) y el Pecio de Uluburun, Turquía (pp. 380-381).

Tres métodos (inmediatamente a la derecha) de prospección geofísica bajo el agua. 1) El magnetómetro de protones es arrastrado bajo el barco de prospección, detectando los objetos de hierro y acero p. e. cañones, cascos) que distorsionen el campo magnético terrestre. 2) El sónar de exploración superficial transmite haces de ondas sonoras en forma de abanico para generar una imagen gráfica de las estructuras de la superficie del lecho marino aunque no de las del subsuelo. 3) El detector de profundidad emite impulsos sonoros que rebotan en los objetos y estructuras sepultados en el fondo del mar.

Técnicas de excavación subacuática (derecha); a la izquierda, la bolsa de alzamiento para izar los objetos; centro, medición y registro de hallazgos in situ; derecha, el compresor de aire para retirar los sedimentos.



EL PECIO DE RED BAY: DESCUBRIMIENTO Y EXCAVACIÓN

La arqueología subacuática, junto con la investigación en archivos y la arqueología terrestre, está comenzando a proporcionar una imagen detallada de la caza de ballenas realizada por los pescadores vascos en Red Bay, Labrador, en el siglo XVI d.C. En ese momento, los vascos eran los principales proveedores en Europa de aceite de ballena (artículo utilizado para la iluminación y para productos como el jabón).

En 1977, animado por el descubrimiento en los archivos españoles de que Red Bay había sido importante centro ballenero, el canadiense James A. Tuck comenzó una excavación en una isla cercana al puerto de Red Bay, encontrando restos de construcciones destinadas a convertir la grasa en aceite de ballena. Al año siguiente, el arqueólogo subacuático Robert Grenier dirigió un equipo canadiense en busca del galeón vasco *San Juan*, del que los archivos decían que se había hundido en el puerto en 1565.

Descubrimiento y excavación

En 1978, un buceador remolcado por un bote localizó un pecio, que se creyó era el *San Juan*, a una profundidad de 10 m. Un estudio de factibilidad realizado el año siguiente confirmó el potencial del yacimiento y, de 1980 a 1984, se llevó a cabo un proyecto de prospección y excavación que dio trabajo a 15 arqueólogos subacuáticos, respaldados por un equipo de refuerzo compuesto por 15-25 personas, y que incluía conservadores, personal de apoyo y fotógrafos. Se descubrieron en el puerto dos galeones más, pero solo se excavó el supuesto *San Juan*. La excavación era dirigida desde una barcaza equipada al efecto y anclada sobre el yacimiento. En ella se disponía de un taller, de bañeras de almacenaje para los artefactos, de una grúa para izar las vigas y de un compresor capaz de hacer funcionar 12 mangas de succión para retirar los sedimentos. Se calentaba a bordo agua salada y se

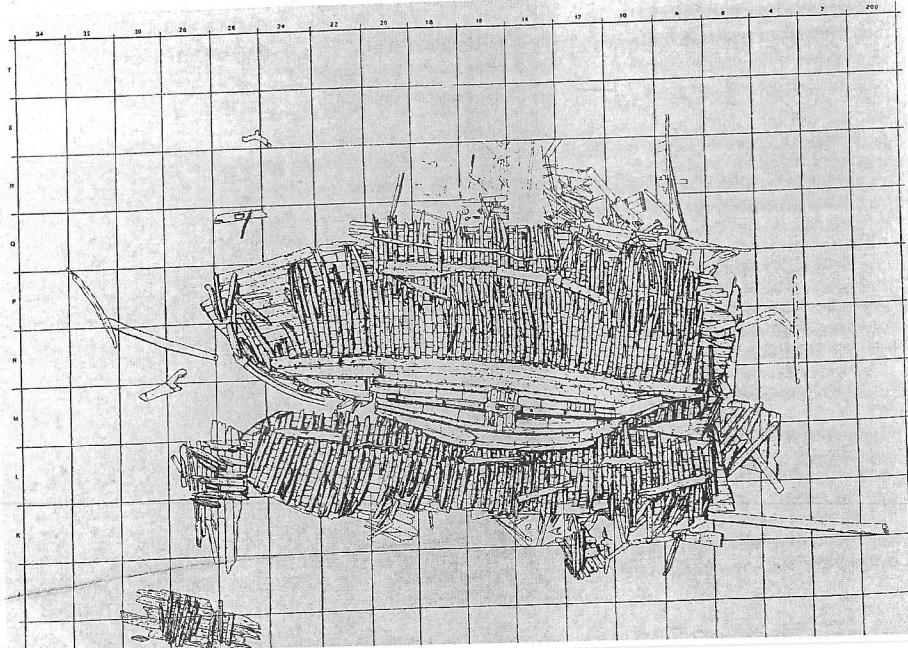


El director del proyecto Robert Grenier (arriba) examina los restos de un astrolabio instrumento de navegación.

bombeaba a través de mangueras directamente a los trajes de los buceadores para mantener el calor corporal en el clima casi helado lo que permitió completar 14.000 horas de buceo.

Una técnica importante, diseñada durante este proyecto, fue la utilización de goma de látex para crear moldes de grandes secciones de las vigas del barco, situadas bajo el agua, reproduciéndose así de forma precisa la forma del casco y detalles como las marcas de herramientas y las vetas de la madera. También se izaron por piezas a la superficie los restos de la nave para realizar un registro exacto, y devueltas al yacimiento.

Plano estructural del pecio en el fondo del puerto (cuadrículas de 2 m²).



Análisis e interpretación

En base a los datos de los meticulosos dibujos y moldes realizados durante la excavación, se construyó una maqueta a escala 1:10 que permitiese descubrir cómo se había construido la nave y cómo era. Salieron a la luz numerosos detalles fascinantes, por ejemplo, que la quilla, de 14,7 m de longitud, y el tablaje inferior del casco (la traca de aparadura) habían sido tallados en un solo tronco de haya. Casi todo el resto de la nave era de roble. En conjunto, la maqueta de estudio evidenció un barco ballenero con líneas esbeltas, muy distinto de la forma redondeada típica de los navíos mercantes del siglo XVI. Los estudios de ADN realizados sobre los huesos de las ballenas sirvieron como evidencia clara

CULTURA MATERIAL RECUPERADA EN RED BAY

NAVES

Barco ballenero que se supuso era el *San Juan*. Vigas del casco (más de 3.000). • Instrumentos: cabrestante, timón, botavara de proa. • Aparejos: poleas principales, poleas correderizas, obnecue, cordajes vario. • Ancla. • Fragmentos de clavos de hierro

Otros tres barcos balleneros

Seis botes pequeños, algunos utilizado para la pesca de ballenas

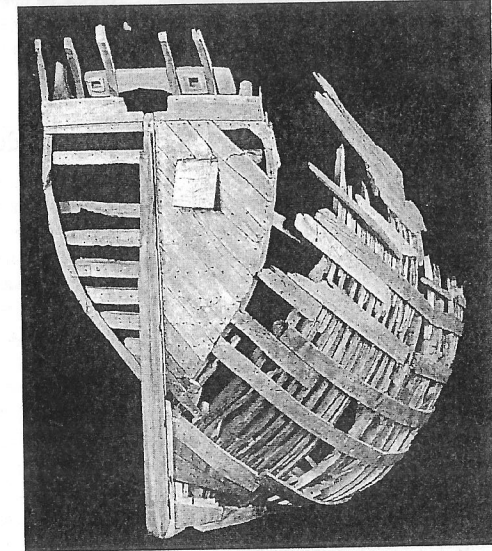
Artefactos recuperados

Relativos a la carga: Barriles de madera (más de 10.000 piezas sueltas) • Artículos de bodega de madera: leños, cuñas, calzos • Piedras de lastre (más de 13 toneladas) Instrumentos de navegación: Bitácora • Brújula • Reloj de arena • Bobina y fragmentos de corredera • Astrolabio Almacenaje, preparación y servicio de alimentos: Cerámica: loza de barro tosca, mayólica • Fragmentos de vidrio • Fragmentos de peltre • Marmela: cuencos y fuentes • Cestería • Llaves de espita de aleación de cobre Relativos a los alimentos: Espinos de bacalao • Huesos de mamíferos: oso polar, foca, vaca, cerdo • Huesos de ave: patos, gaviotas, mérgulos • Cáscaras de nuez, de avellana, huesos de ciruela, semillas de manzana asada Relativos a la vestimenta: Zapatos de cuero • Fragmentos de cuero • Trozos de tejidos Artículos personales: Monedas • Fichas de juego • Peine Relativos al armamento: Verso • proyectil de plomo • Balas de cañón • Posible flecha de madera Relativos a herramientas: Mangos de herramientas de madera • Cepillos • Muela Material de construcción: Fragmentos de tejas de cerámica Relativos a la pesca de ballenas: Huesos de ballena

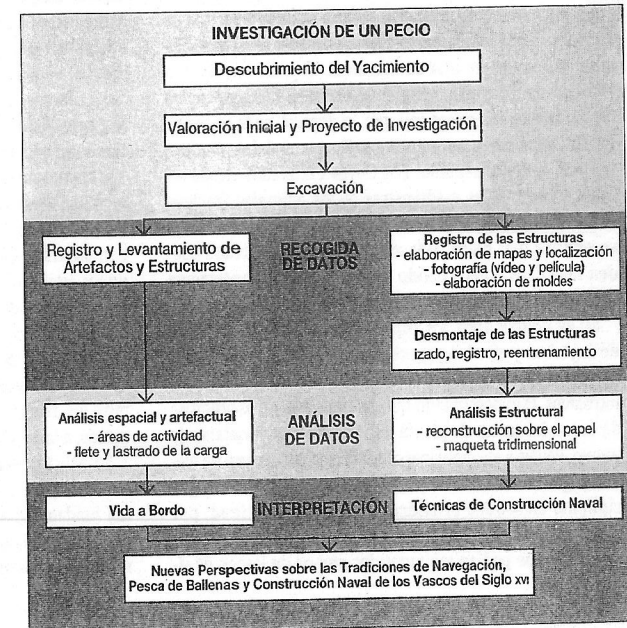
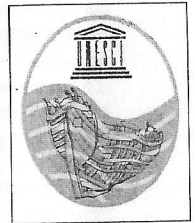
de que en el Atlántico Norte los vascos tenían como principal objetivo la caza de la ballena de cabeza arqueada, y no la de la ballena franca, como se creía.

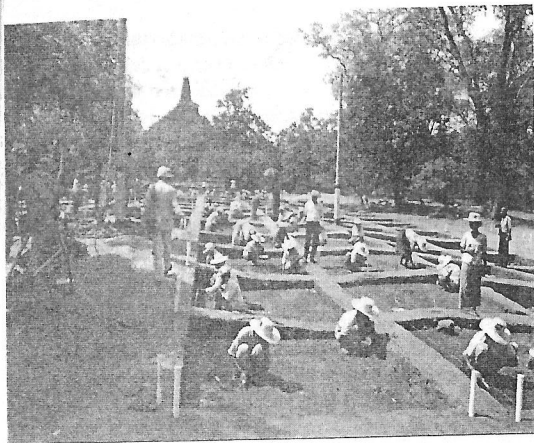
Como indica la tabla adjunta, la gran variedad de artefactos del pecio arrojó mucha luz sobre la carga, el equipo de navegación, el armamento y la vida a bordo del desafortunado galeón. Gracias

a este proyecto integral de investigación –el mayor jamás realizado en aguas canadienses– están surgiendo muchas perspectivas nuevas sobre las tradiciones marímeras, balleneras y de construcción naval de los vascos del siglo XVI. En marzo de 2007 se publicó un completo informe en 5 volúmenes, *The Underwater Archaeology of Red Bay*.



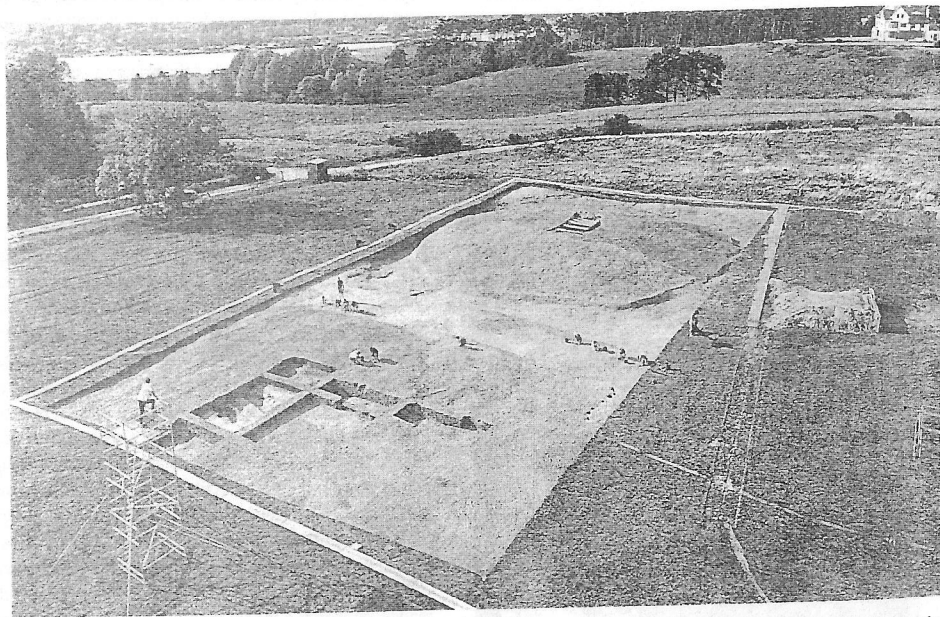
Maqueta, a escala 1:10, que muestra las vigas conservadas. El perfil del buque forma parte del logotipo de la Convención para la Protección del Patrimonio Cultural Submarino, celebrada por la UNESCO en 2001 (abajo).





Excavación en cuadrícula en el monasterio budista de Anuradhapura Abhayagiri, en Sri Lanka.

1. aquellas que subrayan la dimensión vertical mediante la excavación de depósitos profundos que revelen la estratificación;
2. aquellas que se centran en la dimensión horizontal, mediante la apertura de áreas amplias de un nivel



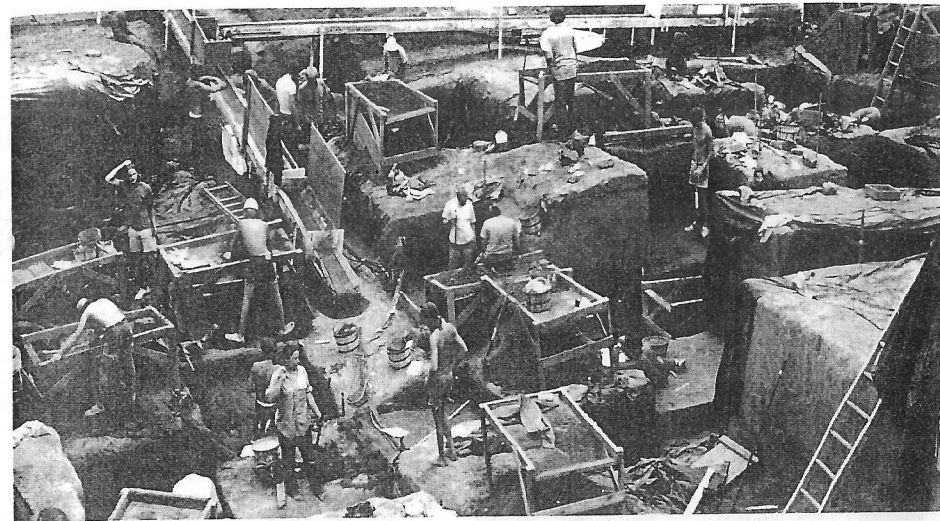
La excavación en área de Sutton Hoo, en el este de Inglaterra. Se descubrió una amplia zona, 32 x 64 m, para definir los perímetros de dos túmulos funerarios. Se estudió entonces la estratigrafía mediante pequeñas cuadrículas. Las estructuras altomedievales se encontraban inmediatamente debajo de la superficie y fueron registradas sacando fotografías en color a vista de pájaro, para resaltar las alteraciones del suelo, y situadas en planos del yacimiento a escala 1:10 y 1:100.

concreto para exteriorizar las relaciones espaciales entre los artefactos y las estructuras de ese estrato.

La mayoría de los arqueólogos combinan ambas estrategias, pero hay formas distintas de hacerlo. Damos por sentado que el yacimiento ya ha sido prospectado y que se ha establecido una división en cuadrículas para facilitar un registro correcto.

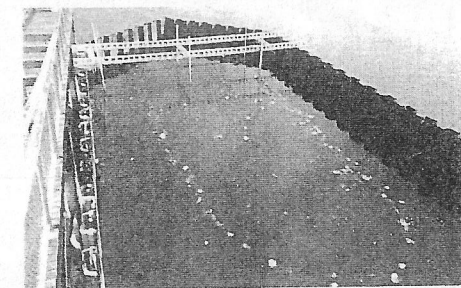
El *método Wheeler* trata de satisfacer tanto las exigencias horizontales como las verticales, mediante la conservación de testigos de tierra intactos entre las cuadrículas, de forma que se pueden rastrear y correlacionar los distintos niveles en los perfiles verticales de todo el yacimiento. Una vez que se ha determinado la extensión y distribución general del mismo, se pueden retirar algunos de los testigos y ensambalar las cuadrículas en una excavación abierta para poner de relieve cualquier estructura (como un suelo de mosaico) que sea de especial interés.

Los defensores de la *excavación en área*, como el arqueólogo inglés Philip Barker, critican el método Wheeler diciendo que los testigos se sitúan o se orientan invariablemente del modo más inoportuno para aclarar las conexiones entre perfiles e impiden distinguir los patrones espaciales en áreas grandes. Es mucho mejor, según estos críticos, no tener estos testigos permanentes o semipermanentes, sino abrir áreas amplias y cortar perfiles verticales (imprescindibles, se mire por donde se mire, para el cuadrículado del yacimiento) solo

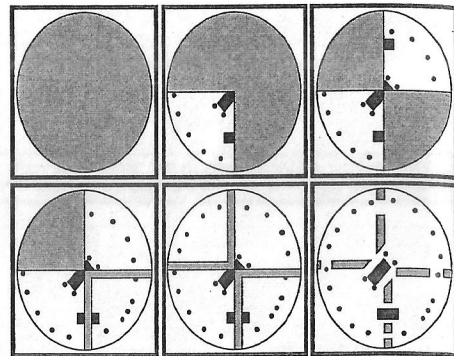
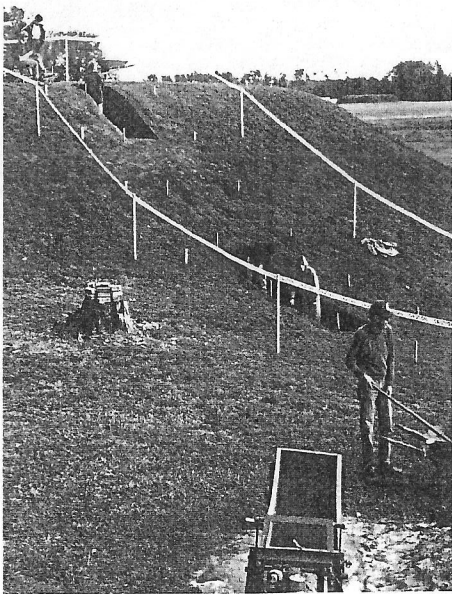


El yacimiento nativo americano de Koster, en el valle del río Illinois: se excavaron grandes áreas horizontales, para tratar de descubrir suelos domésticos y zonas de actividad artesanal. No obstante, dada la profundidad del yacimiento y para permitir la apreciación de la dimensión vertical, se excavaron secciones verticales a medida que avanzaba la excavación. En este complejo yacimiento se identificaron hasta 14 niveles de ocupación, con fechas que iban desde ca. 7500 a.C. hasta el 1200 d.C.

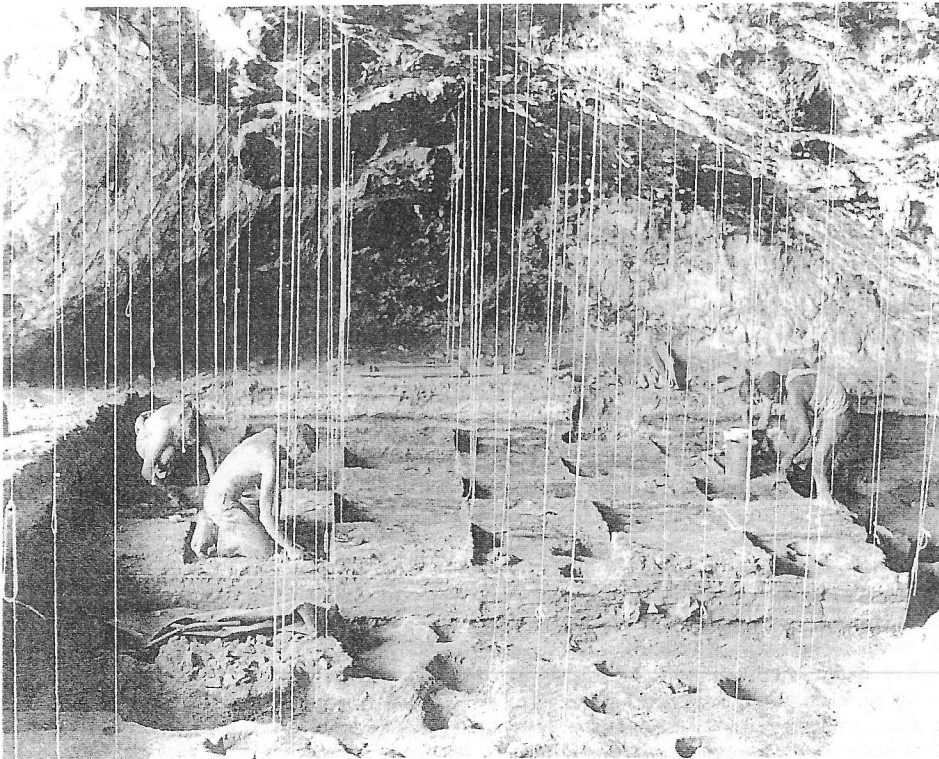
cuando sean fundamentales para resolver relaciones estratigráficas especialmente complejas. Dejando al margen estos «perfiles directores», la dimensión vertical se registra mediante mediciones tridimensionales precisas, a medida que avanza la excavación, y que se reconstruyen sobre el papel tras su finalización. La aparición de métodos de registro más avanzados desde la época de Wheeler, incluyendo los ordenadores de campo, posibilita la aplicación de este método en áreas más exigentes, convirtiéndose en el habitual, por ejemplo, en gran parte de la arqueología británica. El método de excavación en área resulta especialmente eficiente allí donde hay depósitos de una sola época cerca de la superficie, como sucede, por ejemplo, con los vestigios de los indios americanos o con las casas alargadas del Neolítico europeo. Aquí, la dimensión temporal puede estar representada por una expansión hacia los lados (puede haberse reconstruido un asentamiento junto al anterior, no sobre él) y se hace necesario descubrir áreas horizontales amplias para comprender este complejo patrón de reedificación. Las grandes excavaciones en área abierta son comunes en operaciones de arqueología de urgencia en las que el terreno sobre el que se trabaja va a ser destruido —es natural que los granjeros, de no ser así, se opongan a la excavación de grandes extensiones de tierra arable—. El método de la cuadrícula aún se emplea en regiones asiáticas meridionales, donde fue introducido por Wheeler en la década de los cuarenta. Su popularidad se debe a que permite que el trabajo de gran cantidad de trabajadores no cualificados, repartidos en cuadrículas individuales, sea supervisado fácilmente por un pequeño número de técnicos.



Excavación con ataguía: el pecio visible en forma de burbujas de aire del bergantín de mercancías designado YO 88 de Yorktown, Virginia, hundido durante la Guerra de Independencia.



Métodos de excavación. (Izquierda) Corte transversal de un túmulo funerario de Moundville, Alabama (véanse pp. 216-217). (Sobre estas líneas) Seis fases del método de cuadrantes para la excavación de túmulos funerarios. El objetivo del mismo es sacar a la luz las estructuras sepultadas, a la vez que se mantienen cuatro testigos transversales para el estudio estratigráfico. (Debajo) La excavación de los 70.000 años de depósitos de la Cueva de Boomplaas, Sudáfrica (véase Cap. 6) exigió unos controles de registro muy meticulosos, utilizando una retícula de líneas sujetas al techo de la cueva.



cha gradualmente según se hace más profunda. Esta técnica dio buenos resultados en el yacimiento de Koster, Illinois.

Otra solución al problema de la peligrosidad de las excavaciones profundas y que se aplicó con éxito en las intervenciones de urgencia de Coppergate, York (capítulo 13) y Billingsgate, Londres, es la construcción de una *atagüa* de pilares alquitranados alrededor del área a excavar. Las atagüas también han sido utilizadas en la excavación de pecios, bien para controlar la entrada de agua o para achicarla por completo. Por supuesto, las atagüas son caras y necesitan que la excavación tenga una financiación sólida.

Recuperación y registro de la evidencia

Cada yacimiento tiene sus exigencias. Se puede tratar de recuperar, y señalar la posición horizontal, de todos los artefactos procedentes de un yacimiento del Paleolítico o el Neolítico poco profundo y con una sola ocupación. Pero este objetivo resulta sencillamente imposible para el arqueólogo urbano. En ambos tipos de yacimientos se puede decidir el empleo de excavadoras mecánicas para retirar la capa superficial del suelo con el fin de ahorrar tiempo, pero el especialista en Paleolítico o Neolítico querrá luego cribar o tamizar la mayor cantidad de tierra posible para recuperar los artefactos menudos. Por su parte, el arqueólogo urbano solo podrá aplicar una criba más selectiva, como parte de una estrategia de muestreo, por ejemplo, cuando se crea que puedan haber pervivido vestigios de plantas, como en una letrina o en una zanja de desechos.

Una vez que se haya recuperado un artefacto y se haya registrado su situación, debe dársele un número que se anota en un inventario o en un ordenador. Los progresos diarios de la excavación se registran en cuadernos de campo o en fichas



Cribado: los arqueólogos del yacimiento Maya de Cozumel, México, cribaron la tierra excavada utilizando una malla, para recuperar artefactos pequeños, huesos de animales y otros restos.

de datos, en las que se hayan impreso previamente algunas preguntas a contestar.

Salvo los artefactos, que pueden ser retirados para su ulterior estudio, las estructuras y construcciones se dejan, por lo general, en el lugar en que fueron halladas, o son destruidas a medida que la excavación avanza. Por lo tanto es imprescindible registrarlas, no solo con una descripción escrita en el diario de campo, sino también con dibujos y fotografías a la escala adecuada. Lo mismo sucede con los perfiles (secciones) verticales y también es esencial tomar buenas fotografías a vista de pájaro, de los niveles horizontales descubiertos.

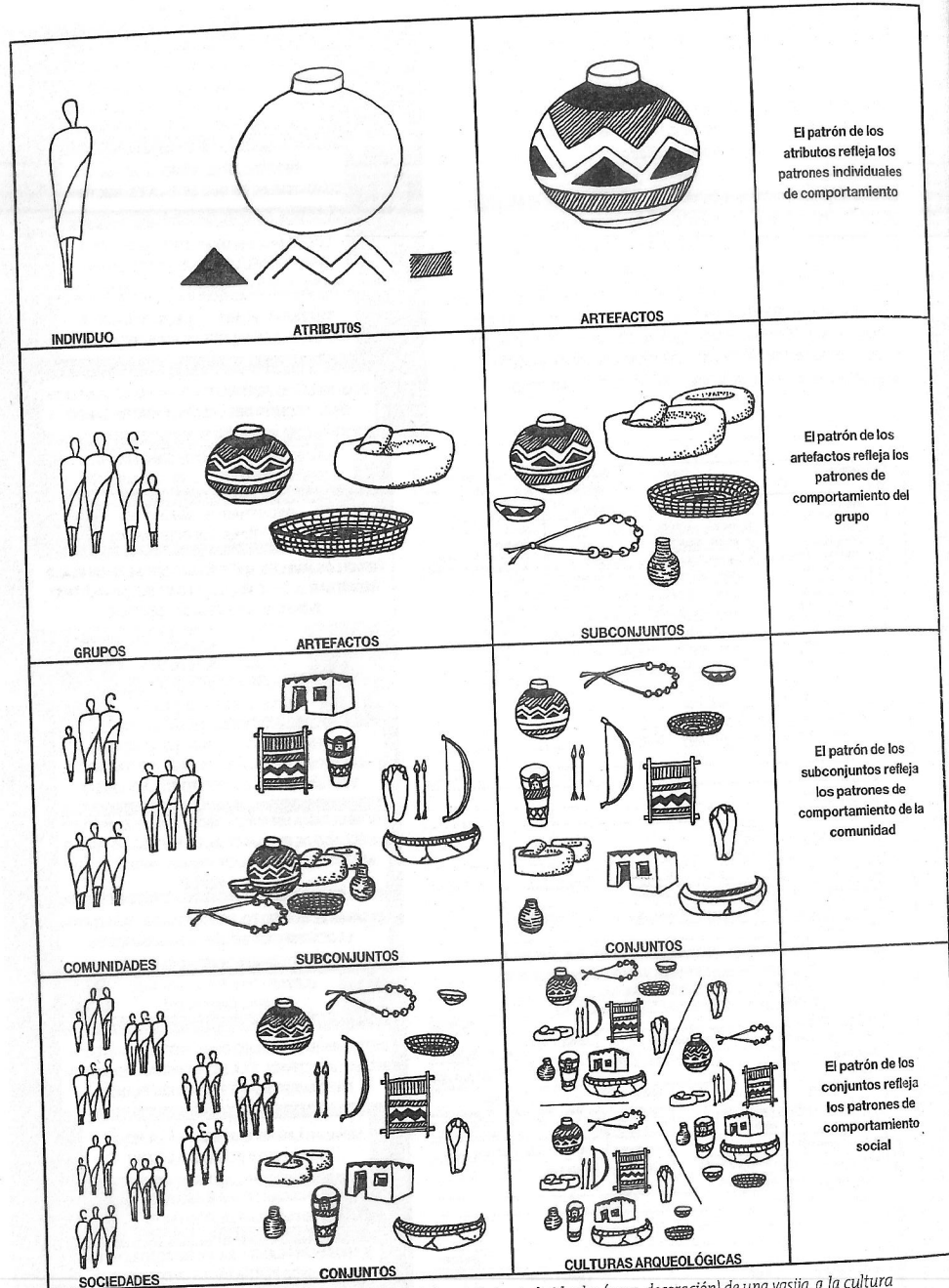
Los diarios de campo, los dibujos a escala, las fotografías y los disquetes de ordenador –junto con los artefactos, huesos de animales y restos vegetales recuperados– constituyen el registro total de la excavación, la base sobre la que se elaborarán las interpretaciones del yacimiento. Este análisis posterior necesitará de muchos meses, quizá años. Sin embargo, parte del estudio preliminar, concretamente la selección y clasificación de los artefactos, se realizará sobre el terreno durante el curso de la excavación.

Tratamiento y clasificación

Al igual que la propia excavación, el tratamiento de las materiales recuperados en el laboratorio de campo constituye una actividad especializada que exige una planificación y una organización muy cuidadosa. Por ejemplo, ningún arqueólogo llevará a cabo la excavación de un yacimiento pantanoso sin contar, entre su equipo, con expertos en la conservación de madera empapada y sin lo necesario para enfrentarse con ese material. Remitimos al lector, para mayor información, a los numerosos manuales disponibles en la actualidad que tratan los problemas de conservación a los que se enfrentan los arqueólogos.

Existen, sin embargo, dos aspectos de la actuación de los laboratorios de campo que vamos a exponer aquí brevemente. El primero se refiere a la limpieza de los artefactos; el segundo a su clasificación. En ambos casos señalaremos la necesidad de que el arqueólogo tenga siempre en cuenta de antemano el tipo de problemas que puede plantear el material recién excavado. La limpieza minuciosa de los artefactos constituye una etapa tradicional de las excavaciones. Sin embargo, muchas de las técnicas científicas nuevas (Parte II), ponen de manifiesto que los artefactos no deben ser necesariamente limpiados en profundidad antes de que un especialista haya tenido la ocasión de examinarlos. Por ejemplo, ahora sabemos que se suelen conservar residuos de comida en las vasijas y restos de sangre en los útiles líticos (Cap. 7). Debe evaluarse esta posibilidad antes de que se destruya la evidencia.

Sin embargo, la mayoría de los artefactos deben ser limpiados, en mayor o menor medida, si van a ser seleccionados y clasificados. La selección inicial se hace con base en categorías generales, como útiles líticos, cerámicas y objetos de metal. Luego, estas categorías se subdividen o clasi-



Términos utilizados en la clasificación arqueológica, desde los atributos individuales (orna, decoración) de una vasija, a la cultura arqueológica completa de la que forma parte. El diagrama lo diseñó el americano James Deetz. Las columnas a derecha e izquierda indican la significación social inferida por esos términos. En el capítulo 12 discutiremos hasta qué punto se puede deducir el comportamiento a partir de una clasificación de este tipo.

fican para crear grupos más manejables que serán posteriormente estudiados. La clasificación suele hacerse según tres tipos de características o **atributos**:

1. atributos superficiales (que incluyen la decoración y el color);
2. atributos formales (las dimensiones y la propia forma);
3. atributos tecnológicos (materia prima original).

Los artefactos que comparten atributos similares se agrupan en tipos artefactuales –de ahí el término **tipología**, que se refiere simplemente a la creación de estos tipos.

La tipología se impuso en el pensamiento arqueológico hasta la década de los cincuenta y todavía desempeña un papel importante en la disciplina. El motivo es evidente. Los artefactos constituyen una parte sustancial del registro arqueológico y la tipología ayuda a los arqueólogos a establecer un orden en este conjunto de datos. Como ya vimos en el capítulo 1, Thomsen demostró ya hace tiempo que los artefactos podían ser ordenados según un sistema de tres edades, una secuencia de piedra, bronce y hierro. Este descubrimiento es la razón fundamental del uso continuado de la tipología como método de datación –para medir el paso del tiempo (Cap. 4)–. También se ha empleado la tipología como un medio para definir las entidades arqueológicas de un periodo determinado. Las agrupaciones de los tipos de artefactos (y de construcciones) de una época y lugar concreto se denominan **conjuntos** y las sumas de éstos reciben el nombre de **culturas arqueológicas**. Estas categorías fueron establecidas hace mucho tiempo, siendo definidas de forma sistemática por vez primera por Gordon Childe en 1929, al afirmar que «encontramos que distintos tipos de restos –cerámica, accesorios, adornos, ritos funerarios y tipos de casa– siempre aparecen juntos. A dichos conjuntos de objetos asociados los denominaremos “grupo cultural” o, simplemente, una “cultura”. Asumimos que ese conjunto es la expresión material de lo que hoy denominaríamos un “pueblo”».

RESUMEN

El primer paso antes de iniciar una excavación arqueológica es el desarrollo de un proyecto de investigación. Un proyecto de investigación consiste en la formulación de una pregunta clara, la recolección y registro de la evidencia, el procesamiento y el análisis de las mismas y, finalmente, la publicación de los resultados.

Los arqueólogos identifican la ubicación de los yacimientos tanto mediante la prospección como mediante el reconocimiento aéreo. La prospección puede tomar varias formas, incluida la prospección de superficie. La prospección de superficie supone el reconocimiento

Como veremos en la Parte II, la dificultad surge cuando intentamos traducir esta terminología en función del ser humano y relacionar una cultura arqueológica con un grupo real de hombres del pasado.

Esto nos lleva a los propósitos de la clasificación. Tipos, conjuntos y culturas son, todos ellos, construcciones artificiales creadas para poner orden en los datos. La trampa en la que cayeron las generaciones anteriores de investigadores fue permitir que esas construcciones determinasen la reflexión sobre el pasado, en vez de utilizarlas simplemente como un medio de dar forma a la evidencia. Ahora reconocemos con más claridad que se necesitan clasificaciones distintas para las diferentes preguntas que queremos responder. Un estudioso de la tecnología cerámica basaría una clasificación en las variedades de materia prima y en los métodos de fabricación, mientras que un especialista que investigase las diversas funciones de la cerámica, para el almacenaje, cocina, etc., clasificaría las vasijas según su forma y tamaño. Nuestra capacidad para elaborar y emplear correctamente las clasificaciones se ha incrementado enormemente gracias a los ordenadores, que permiten a los arqueólogos comparar los atributos de centenares de objetos a la vez.

En una intervención de urgencia desarrollada durante los años 80 (que implicó la prospección, análisis y excavación de unos 500 yacimientos a lo largo del trayecto de un gasoducto de 2.250 km, desde California a Texas) Fred Plog, David L. Carlson y sus colaboradores desarrollaron un sistema informatizado que utilizaba una cámara de vídeo para el registro automático de los diferentes atributos de los artefactos. De cuatro a seis personas podían manipular 1.000 o 2.000 artefactos cada día, unas 10 veces más rápido que con los métodos habituales.

En conclusión, no podemos decir que se ha malgastado buena parte del esfuerzo realizado en la prospección, excavación y análisis posterior, si no se publican los resultados, previamente como informe provisional y posteriormente en una monografía (véase Cap. 14).

directo de potenciales yacimientos, registrando la concentración de estructuras o artefactos para obtener cierta idea de la disposición del yacimiento. El reconocimiento aéreo normalmente se efectúa mediante la fotografía aérea. Es frecuente que las fotografías tomadas desde una cometa, un globo o una aeronave nos revelen estructuras que no resultan visibles desde el suelo. Estas fotos pueden servir para la elaboración de mapas y planos preliminares. La identificación de yacimientos y el reconocimiento de las características de los mismos también pueden valerse de las imágenes de satélite.

La elaboración de mapas es la clave para el registro adecuado de la mayor parte de la información obtenida mediante la prospección. Los SIG (Sistemas de Información Geográfica) son un conjunto de equipamiento y software informático que sirve para la gestión y la manipulación de la información geográfica, siendo una de las principales herramientas empleadas por la arqueología para el mapeado de yacimientos.

Los arqueólogos emplean diversos métodos para obtener información acerca del subsuelo antes de la excavación. Algunos de estos métodos son no destructivos, es decir, que no requieren la apertura del terreno para la recogida de información. El Radar de Penetración (GPR), por ejemplo, emplea ondas de radio para penetrar el terreno y detectar estructuras como, por ejemplo, muros. Para obtener esta información antes de la excavación los arqueólogos también emplean métodos de resistividad eléctrica, prospecciones magnéticas e incluso detectores de metales, además de técnicas geoquímicas.

LECTURAS ADICIONALES

Las obras siguientes pueden constituir una útil introducción a los métodos de localización y prospección de yacimientos arqueológicos:

- Allen, K. M. S.; Green, S. W. y Zubrow, E. B. W. (eds.), *Interpreting Space: GIS and Archaeology*, Londres y Nueva York, Taylor and Francis, 1990.
- Clark, A., *Seeing Beneath the Soil: Prospecting Methods in Archaeology*, Londres, Routledge, 1996.
- Gaffney, V. y Gater, J., *Revealing the Buried Past. Geophysics for Archaeologists*, Stroud, Tempus, 2003.
- Wheatley, D. y Gillings, M., *Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of SIG*, Londres, Routledge, 2002.
- Wiseman, J. R. y El-Baz, F. (eds.), *Remote Sensing in Archaeology* (con CD-Rom), Berlín, Springer, 2007.

Entre los manuales utilizados más frecuentemente se encuentran:

- Barker, P., *Techniques of Archaeological Excavation*, Londres y Nueva York, Routledge y Humanities Press, 1993. [Métodos británicos.]
- Collis, J., *Digging up the Past: An Introduction to Archaeological Excavation*, Stroud, Sutton, 2001.
- Connah, G. (ed.), *Australian Field Archaeology: A Guide to Techniques*, Canberra, Australian Institute of Aboriginal Studies, 1983. [Métodos australianos.]

La excavación juega un papel fundamental en el trabajo de campo, al revelar actividades humanas en un periodo específico del pasado, así como las transformaciones experimentadas por estas actividades a través del tiempo. La excavación se fundamenta en la ley de la superposición, es decir, que si un estrato se sitúa sobre otro, este segundo es anterior en el tiempo. La excavación es un método costoso y destructivo, y solo debe ser empleado si las preguntas que la investigación requiere no pueden ser respondidas mediante la aplicación de técnicas no destructivas de prospección.

Aquellos artefactos que comparten unos atributos similares son frecuentemente agrupados en tipologías. Los grupos de artefactos que pertenecen a un periodo y a un entorno geográfico determinado se denominan conjuntos. Estos conjuntos son empleados a menudo para la definición de culturas arqueológicas.

- Drewett, P. L., *Field Archaeology: An Introduction*, Londres, UCL Press, 1999 [ed. cast.: *Teoría práctica de la excavación*, trad. de María Ruiz del Árbol, Barcelona, Crítica, 2003].
- Hester, T. N.; Shafer, H. J. y Feder, K. L., *Field Methods in Archaeology*, Palo Alto, California, Mayfield 1997. [Métodos americanos.]
- Roskams, S., *Excavation*, Cambridge y Nueva York, Cambridge University Press, 2001.
- Scollar, I.; Tabbagh, A.; Hesse, A. y Herzog, I. (eds.), *Remote Sensing in Archaeology*, Cambridge y Nueva York, Cambridge University Press, 1990.
- Zimmerman, L. J. y Green, W. (eds.), *The Archaeologist's Toolkit*, 7 vols., Walnut Creek, AltaMira Press, 2003.

Y la revista *Archaeological Prospection* (desde 1994).

Útil para los neófitos, y por sus buenas ilustraciones, también:

- McIntosh, J., *The Practical Archaeologist*, Nueva York y Londres, Facts on File y Thames&Hudson, 1999 [ed. cast.: *Guía práctica de arqueología*, trad. de Jaime Lorenzo y Rafael García Ormaechea, Madrid, H. Blume, 1987].

4

¿Cuándo? Métodos de datación y cronología

Todos los seres humanos experimentan el paso del tiempo. Un individuo tiene un tiempo vital de unos 70 años. Esa persona, a través de los recuerdos de sus padres y abuelos, puede conocer también, de forma indirecta, periodos anteriores. El estudio de la historia da acceso a cientos de años de tiempo escrito. Pero la arqueología, en concreto la arqueología prehistórica, es la única que revela el panorama casi inimaginable de miles e incluso unos pocos millones de años del pasado humano.

Para estudiar el pasado, no siempre es esencial conocer con exactitud cuántos años hace que tuvo lugar un acontecimiento o un periodo concreto. Como ya vimos en el capítulo 1, el gran logro de C. J. Thomsen en el siglo XIX fue el de establecer una división tripartita de los útiles del Viejo Mundo, entre los de piedra, los de bronce y los de hierro, que la excavación estratigráfica confirmó como una secuencia cronológica: los artefactos de piedra son anteriores a los de bronce y los de hierro posteriores. Los arqueólogos podrían utilizar esta secuencia para estudiar los cambios tecnológicos en los utensilios entre una fase y la siguiente, incluso sin saber cuánto duró cada etapa o cuántos años hace que tuvieron lugar esos avances. Este concepto de que algo es más antiguo (o más reciente) en relación a otra cosa, constituye la base de la *datación relativa*. Los primeros pasos de la mayor parte de las investigaciones actuales dependen todavía de la datación relativa, de la ordenación de los artefactos, depósitos y acontecimientos en secuencias, en las que los más antiguos están antes que los más recientes.

Sin embargo, en los últimos tiempos, queremos saber la edad exacta o absoluta en años de las distintas partes de la secuencia—necesitamos métodos de *datación absoluta* (llamada, en ocasiones, datación cronométrica)—. Las fechas absolutas nos ayudan a averiguar la rapidez con que se produjeron algunos cambios, como la aparición de la agricultura, y si surgieron simultáneamente o en momentos diferentes en las distintas regiones del planeta. Antes de la Segunda Guerra Mundial, para gran parte de la arqueología, prácticamente las únicas fechas absolutas fiables eran las históricas—Tutankhamón reinó en el siglo XIV a.C., César invadió Gran Bretaña en el año 55 a.C.—. Solo en los últimos 50 años se ha podido disponer de métodos distintos de datación absoluta, que, de paso, transformaron la arqueología.

La medición del tiempo

En el curso de nuestras propias vidas, percibimos su paso mediante la alternancia de oscuridad y luz de la noche y el día y, luego, por el ciclo anual de las estaciones. Hasta el desarrollo de la astronomía moderna y la física nuclear, éstos fueron los únicos medios de observar el tiempo a lo largo de la vida del hombre. Como veremos, algunos métodos de datación todavía se basan en el ciclo anual de las estaciones. Sin embargo, los sistemas arqueológicos de datación se han ido apoyando cada vez más en otros procesos físicos, la mayoría de los cuales no son perceptibles por el ojo humano. El más significativo de ellos es el empleo de relojes radiactivos.

Cualquiera que sea el método de datación, necesitamos establecer una medida del tiempo para reconstruir una cronología; debemos convertir en años, para nuestros propósitos, incluso cómputos de edad, como los relojes radiactivos, que son independientes de los ciclos anuales. Cuando hay errores de datación, suele ser esta conversión en años la que está equivocada, más que el método en sí.

En general, los dos grandes problemas de los métodos arqueológicos de datación no residen en las propias técnicas, sino que son; (1) la seguridad de los contextos: es decir, la necesidad de certificar que la muestra empleada procede con seguridad del contexto que pretendemos datar; y (2) la posible contaminación de la muestra con material más reciente (y en ocasiones más antiguo). Otro problema añadido es el de la precisión: los resultados proporcionados por muchas de las técnicas de datación se presentan en forma de intervalos de tiempo que pueden tener una duración de varios siglos, e incluso de varios milenios. El problema surge cuando los arqueólogos sobreestiman la precisión ofrecida por el método de datación con el que trabajan.

Nuestra escala temporal en años debe asignar fechas desde o en un momento concreto. En el mundo cristiano se usa, por convención, el nacimiento de Cristo, supuestamente acaecido en el año 1 d.C. (no existe el año 0), contándose los años hacia atrás antes de Cristo (a.C.) y hacia delante después de Cristo (d.C. o, en latín, *Anno Domini*, AD, traducción de «En el año del Señor»), mientras que para los musulmanes el momento básico fijado es la salida del Profeta de La Meca, la Hégira (en el año 622 d.C. del calendario cristia-