



# Hacer arqueología desde las alturas

María Eugenia De Feo  
J. Diego Gobbo  
Reinaldo A. Moralejo

La tarea del arqueólogo siempre estuvo asociada a las excavaciones y prospecciones en el terreno, sin embargo, en las últimas décadas se ha visto vinculada a diversas herramientas basadas en la Teledetección. A partir de esta ha sido posible efectuar diferentes observaciones de la superficie terrestre, constituyendo un avance tecnológico altamente significativo en cuanto a la interpretación de los fenómenos humanos en el pasado y la gestión del patrimonio arqueológico.

**S**i bien la tarea del arqueólogo se asocia comúnmente con la excavación y el trabajo de campo, cada vez resulta más frecuente hallar publicaciones, tanto referidas a la investigación como a la gestión patrimonial, donde se menciona el uso de la Teledetección. Se entiende por esta última, a la observación y adquisición de información de la superficie terrestre mediante el empleo de sensores relativamente alejados de la tierra y su posterior análisis a través del procesamiento digital y la interpretación visual de las imágenes logradas. Los avances tecnológicos ocurridos durante las últimas décadas, en particular aquellos relacionados con esta metodología, han posibilitado el desarrollo de nuevas técnicas no intrusivas de aplicabilidad en arqueología, no obstante ello, su uso posee larga data.

Una de las primeras técnicas de Teledetección aplicadas en esta disciplina fue la interpretación y medición a partir de fotografías aéreas, también llamada Fotogrametría. Este tipo de imágenes son captadas por cámaras transportadas por globos aerostáticos o aviones. Cons-

tituyen una importante herramienta para los arqueólogos, permitiéndoles obtener información tanto de la superficie terrestre como de los vestigios culturales que allí se encuentren. Su gran utilidad reside en que poseen una excelente resolución espacial, es decir, que el grado de detalle con que se puede visualizar una imagen es alto, lo que hace posible identificar evidencias superficiales como sitios arqueológicos o antiguos caminos. En otros casos, la manera en que se proyectan las sombras sobre el terreno o en que se distribuye la vegetación, sirven de indicadores de estructuras enterradas que no son visibles en superficie como por ejemplo restos de muros arqueológicos.

Sin embargo, las fotografías en blanco y negro comúnmente utilizadas, poseen una pobre resolución espectral en comparación a las obtenidas por otros sensores más modernos, registrando sólo alrededor de veintidós matices de gris. Además, pueden verse afectadas por fenómenos meteorológicos o

atmosféricos como las neblinas y operan únicamente durante el día.

A pesar de estas limitaciones, las fotografías son un recurso usado por los arqueólogos desde mediados del siglo XIX hasta el presente, entre otros fines, en la planificación de trabajos de campo, la detección de nuevos sitios, o la investigación de otros ya conocidos, para determinar densidades de ocupación, realizar mediciones de superficie, distancias, entre otras.

Aunque más reciente, otra fuente importante de información territorial en arqueología son las imágenes satelitales. El trabajo con este tipo de imágenes se apoya en las "firmas espectrales", que son la forma en que cada superficie u objeto (rocas, agua, vegetación densa, suelos desnudos, ciudades, etc.) refleja la energía emitida, ya sea por el sol o por el satélite que transporta el sensor. Conociendo esto, los investigadores pueden interpretar el terreno observado. Son de gran apoyo cuando se requiere la

## Fotogrametría y Arqueología

Se considera que la primera fotografía aérea arqueológica fue tomada en el año 1899 por Sacano Boni, quien desde un globo aerostático capturó el foro romano.

Los desarrollos en la aviación y la fotografía aérea durante las Guerras Mundiales significaron un importante impulso para la técnica de fotogrametría. En los años posteriores el uso de este tipo de fotografías con fines no bélicos comienza a ser cada vez más frecuente. En arqueología, entre los trabajos pioneros son de destacar los del británico O.G.S. Crawford, quien hacia principios del siglo XX intenta confeccionar un mapa del Imperio Romano a partir de fotografías aéreas. Antoine Poidebard, para la misma época, lleva a cabo el primer estudio fotogramétrico sistemático que permite la localización de antiguas caravanas romanas en el desierto de Siria. Son famosos también los relevamientos aéreos de aldeas pueblo en Arizona y sitios de Yucatán realizados por el aviador Charles Lindebergh en la década de 1920. Hacia el sur y unos años más tarde, sobresalen los relevamientos de María Reiche sobre los geoglifos Nazca, en Perú. En Argentina, los primeros trabajos que utilizan fotografías aéreas son los de Alberto Rex González en los años '50, donde el autor destaca la importancia de esta fuente de información en la localización de sitios y el reconocimiento del terreno. Este además, realiza una serie de vuelos junto al IGM (Instituto Geográfico Militar) de diferentes áreas del Noroeste argentino. Las fotografías obtenidas son utilizadas por otros trabajos posteriores, entre los que se destacan los de Cigliano y Raffino en el año 1973, Albeck y Scattolin en el año 1981.

En la actualidad las fotografías aéreas son una fuente de información a la que recurren mayormente los arqueólogos que trabajan en sociedades sedentarias con arquitectura perdurable, para la localización de sitios, su clasificación según la forma de las estructuras, la realización de mediciones de superficie o distancias, entre otras aplicaciones.

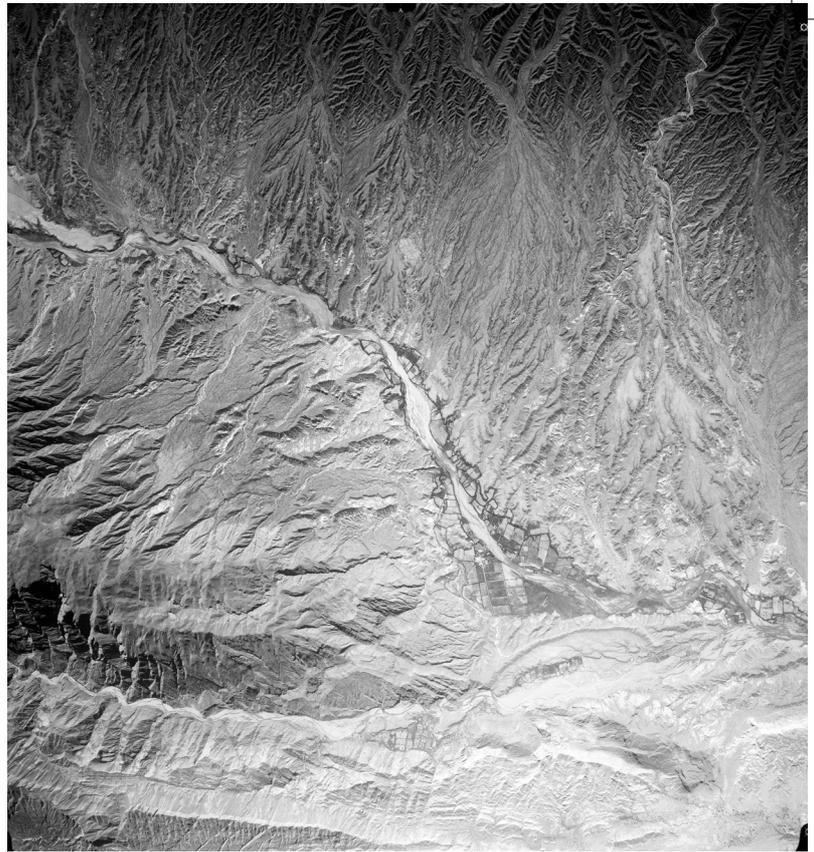
cobertura global de un área, ya que abarcan mayores extensiones que por ejemplo, las fotografías aéreas. Por otra parte, los sistemas *satelitales* actuales proveen datos de *mayor resolución espacial*.

Su aplicación resulta muy provechosa, especialmente para el análisis de fenómenos no observables en regiones visibles del espectro electromagnético, es decir, que no pueden ser vistas por el ojo humano –como variaciones en la temperatura o la humedad de los suelos–, pero que sí pueden ser captados por las cámaras de infrarrojos o ultravioleta portadas por los satélites. Esta información, es usada por los arqueólogos, por ejemplo, para realizar estudios que permitan identificar antiguas zonas de producción agrícola o ganadera. Asimismo, la capacidad que poseen algunos sensores de penetrar en el subsuelo o atravesar la vegetación, es una característica muy interesante para la arqueología, donde una parte importante del registro suele hallarse enterrado o cubierto de plantas o líquenes.

Tienen además, otra ventaja respecto de otro tipo de imágenes y esta reside en la naturaleza numérica de los datos. Esto permite

## Resolución espacial

Esta se define por el tamaño de cada pixel, que es la unidad más pequeña que compone la imagen, medido en metros sobre el terreno. Así por ejemplo, cada pixel de una imagen Landsat 7 (ETM+) posee 30 metros, a excepción de la banda pancromática que es de 15 metros; en las Aster la resolución es de 15 metros; en las Spot-5 de 2,5 metros (pancromática) y 10 metros (multiespectral); en Ikonos de 1 metro (pancromática) y 4 metros (multiespectral); en GeoEye-1 de 0,5 metros (pancromática) y 2 metros (multiespectral); y en las QuickBird de 0,6 metros (pancromática) y 2,4 metros (multiespectral), entre otras.

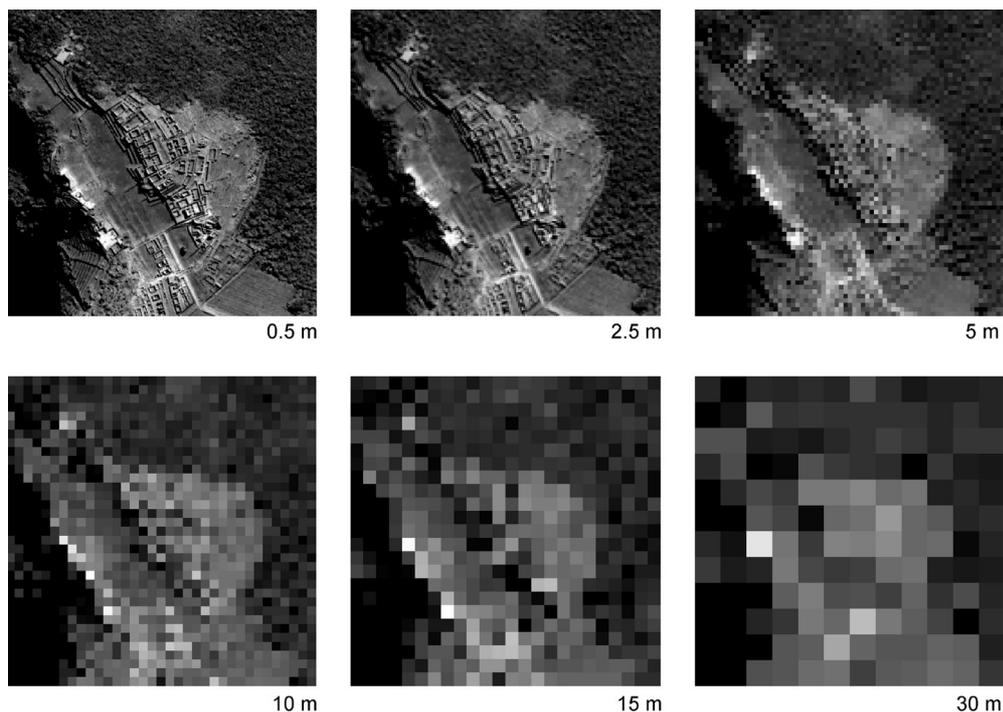


1. Fotografía aérea del valle de Hualfín, Catamarca.

trabajarlas de forma analógica como imágenes o mapas, a través de su interpretación visual, y/o en forma matemática mediante la aplicación de algoritmos matemáticos tales como, índices, filtros y clasificaciones, para optimizar la información que brindan, así como también generar nuevos datos.

## Imágenes de última generación

El uso de imágenes satelitales en arqueología se remonta hacia finales de la década del setenta, cuando comienzan a ser usadas por ejemplo, para localizar sitios de importante magnitud en el área Mesoamericana o Mesopotamia, identificar antiguas rutas o canales de irrigación en ambientes de planicie, entre otras. Las principales limitaciones en su uso estaban dadas por la menor resolución espacial que estas poseían en sus inicios. Si bien las imágenes satelitales modernas poseen cada vez mayor detalle de la superficie terrestre, permitiendo a los arqueólogos su aplicación incluso para el relevamiento de estructuras arquitectónicas hacia el interior de los sitios, una de las principales virtudes continúa residiendo



2. Comparación de diferentes resoluciones espaciales para una misma escala y lugar. Sitio incaico Machu Picchu, Perú.

en el amplio espectro de longitudes de onda que los sensores satelitales detectan. Esta superior resolución espectral es la que les hace posible registrar una amplia variedad de fenómenos medioambientales y geomorfológicos que son relevantes para el trabajo del arqueólogo. Conociendo las firmas espectrales de distintos materiales o superficies, el investigador puede distinguir por ejemplo, qué suelos pudieron presentar en el pasado un mayor potencial para la agricultura, o cuáles pudieron verse afectados como consecuencia de la actividad agrícola prehistórica, también la distribución de recursos, como antiguas fuentes de arcilla usadas en manufactura de alfarería o materias primas empleadas en la confección de instrumental para la caza.

Las imágenes satelitales brindadas por el Google Earth han revolucionado la aplicación de la Teledetección en arqueología, multiplicando su uso, ya que permiten obtener información con gran detalle sobre la superficie terrestre a costos bajos o nulos. Los ejemplos de la utilización de este tipo de imágenes son numerosos y van desde la localización de antiguas sendas usadas por los pobladores de la isla de Pascua para movilizar sus moáis; la observación de geoglifos

en proximidades al Lago Titicaca en Bolivia y Perú; la detección de pirámides enterradas en Egipto o grandes poblados en la espesura de la selva amazónica; el seguimiento de antiguos caminos prehispánicos, entre las que se destacan las utilizadas por los Incas para conectar sus territorios pocos siglos antes de la conquista española.

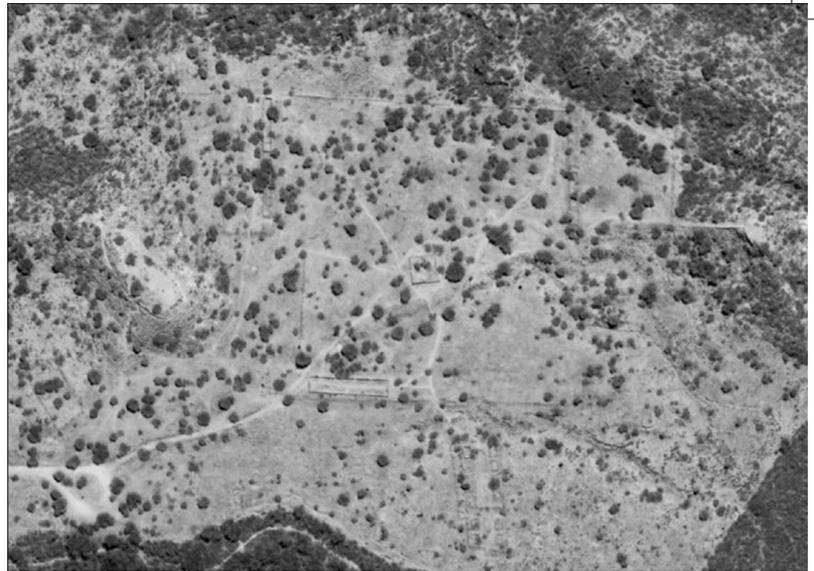
## El radar

Las imágenes de radar son otra fuente de información cada vez más usadas por los arqueólogos. Estas brindan datos sobre la superficie terrestre y el subsuelo de forma periódica y las veinticuatro horas del día, dado que no requieren de la luz solar o iluminación artificial. Además, los radares pueden captar imágenes a través de las nubes o de la vegetación densa, incluso del suelo cuando éste es seco y poroso, lo que las convierte de gran interés para los arqueólogos. El LiDAR (*Light Detection and Ranging*) y el SAR (*Synthetic Aperture Radar*) trabajan emitiendo ondas electromagnéticas hacia el suelo, tomando el tiempo que demora la misma en regresar y grabando la energía reflejada, la cual va a variar según las ca-

racterísticas de la superficie de recepción (vegetación, arena, rocas, agua, y otros). La diferencia entre ambos reside en que el primero emite ondas luminosas (láser) y el segundo ondas de radio.

La implementación de imágenes de radar en arqueología si bien es más reciente, ya ha brindado importantes descubrimientos. Por ejemplo, las imágenes captadas por el radar Spaceborne-C/X - Radar de Apertura Sintética (SIR-C/X-SAR) han sido usadas para identificar antiguos poblados y caminos próximos a la ciudad de Petra en Jordania, monitorear el avance de asentamientos modernos sobre el patrimonio arqueológico local.

También mediante el uso de imágenes SAR obtenidas por el satélite japonés JERS-1 y el satélite europeo ERS-2 se ha logrado la localización de Xucutaco-Hueitapalan, una



3. Imagen satelital QuickBird del sitio incaico El Shincal de Quimivil, Catamarca, Argentina. [tomada del Google Earth]

antigua ciudad del siglo XVI localizada al nordeste de Honduras, que Hernán Cortés menciona en sus crónicas. Debido a la espesura de la vegetación se debieron utilizar ciertos filtros, que son algoritmos que se

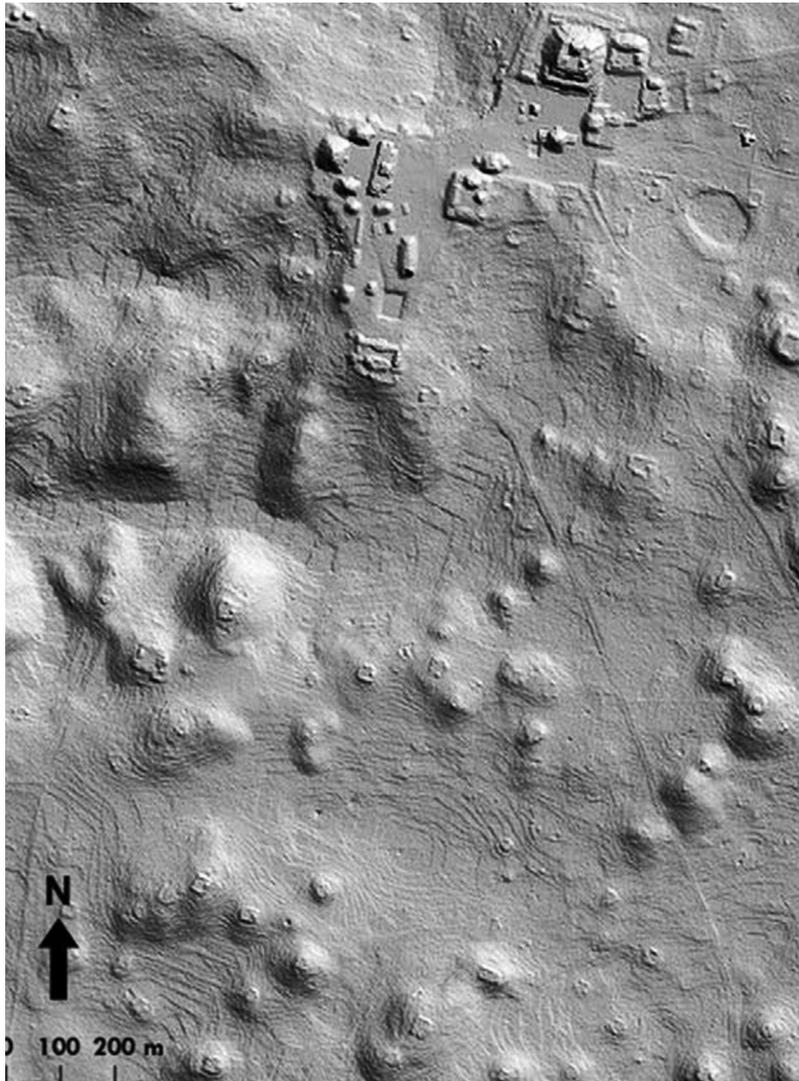
## Ventajas y desventajas de su aplicación en arqueología

En los que respecta a la aplicación de las herramientas de Teledetección en el trabajo del arqueólogo se pueden mencionar las siguientes ventajas:

- Permiten obtener información arqueológica de superficie, y en ocasiones también del subsuelo, de manera rápida y sistematizada.
- Reducen los costos de la investigación. En particular aquellos relacionados con la prospección del terreno, dado que el uso de imágenes tomadas por sensores remotos sirven para la identificación de estructuras arquitectónicas en superficie, detectando incluso, fenómenos no visibles al ojo humano.
- Constituyen métodos no invasivos o destructivos de los sitios y/o de su entorno.
- Proveen información sobre zonas remotas, de nulo o difícil acceso, donde no es posible llevar a cabo una prospección o muestreo.
- Brindan información complementaria al trabajo arqueológico (topografía, la humedad del suelo, la vegetación) que suele ser costosa de obtener mediante otros métodos.
- Un punto importante de mencionar respecto de las potencialidades de las imágenes satelitales es su periodicidad. En rasgos generales, este tipo de datos son tomados con una alta frecuencia temporal, lo que permite la constante actualización de la información, siendo de gran ayuda en proyectos donde se requiere una visión evolutiva del paisaje o en casos donde es necesario el monitoreo de impacto en áreas de interés arqueológico.

### En cuanto a las desventajas, se destacan:

- Los elevados presupuestos para la adquisición de imágenes de última generación.
- Altos costos para generar, a posteriori en el gabinete, archivos digitales automatizados (mapas de suelos, ríos, modelos topográficos, etc.) en relación a los registros geográficos con los que se cuentan.
- Problemas de exactitud y precisión teniendo en cuenta que se trata de una representación abstracta y simplificada de la realidad.



4. Imagen LiDAR del sitio maya de Caracol, B elice. [Tomado de A.F. Chase, et al. "Airborne LiDAR, archaeology, and the ancient Maya landscape at Caracol, Belize", *Journal of Archaeological Science* 38: 387-398, 2011.]

aplican a la imagen con el objetivo de realzar los atributos buscados, por ejemplo, cambios en la topografía, o en la vegetación.

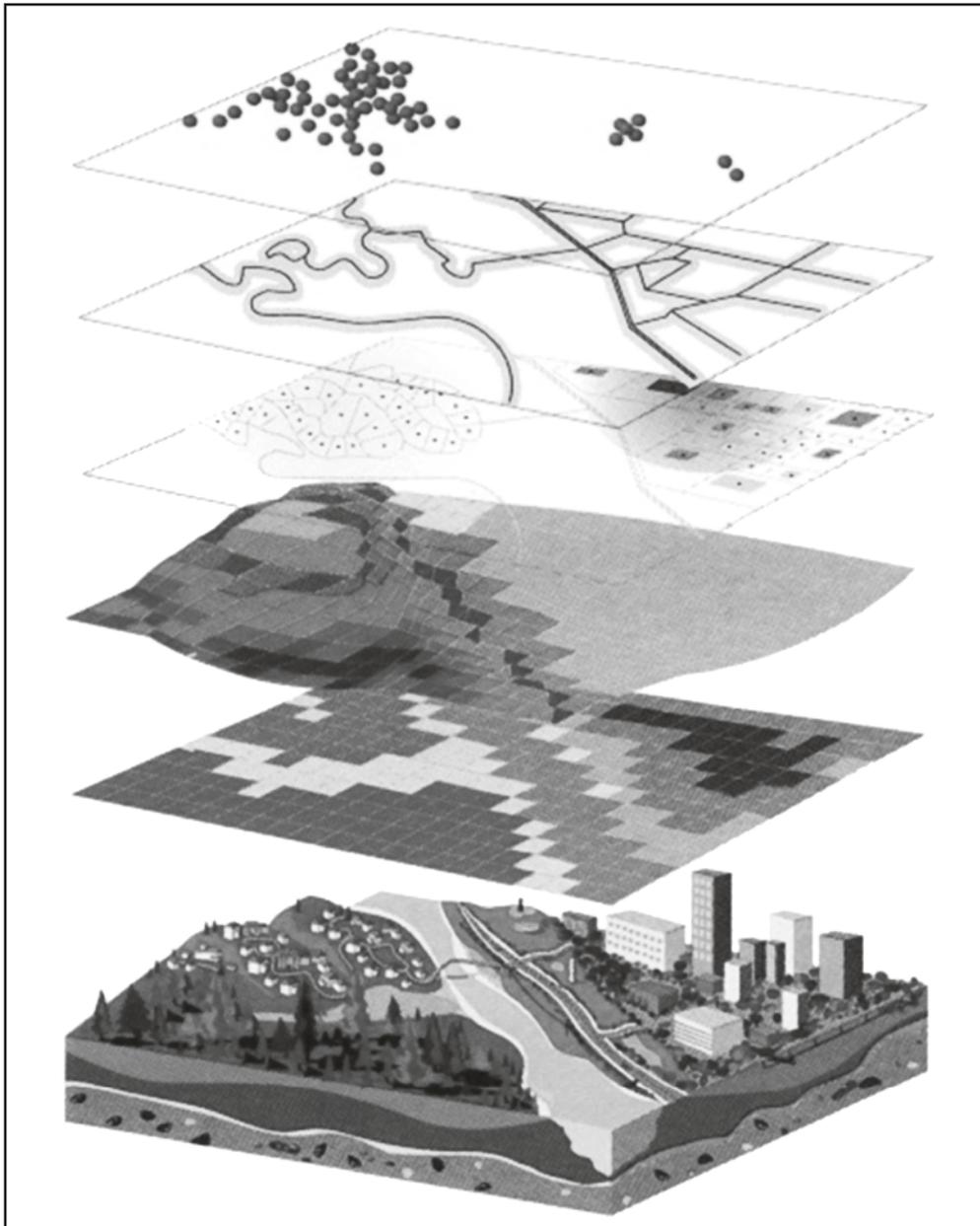
Por su parte, imágenes captadas por el radar LIDAR han servido para detectar antiguas ciudades y caminos maya, salvando las dificultades que la densa vegetación acarrea al trabajo de campo.

## Teledetección y Sistemas de Información Geográfica

En la actualidad la Teledetección es aplicada en arqueología para resolver problemas de variada naturaleza, aunque todos ellos tienen en común la necesidad de conocer de manera más precisa un territorio y las evidencias arqueológicas existentes. Su utilización suele estar ligada a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Un SIG puede ser definido sintéticamente como una herramienta tecnológica cuya aplicación permite la resolución de problemáticas territoriales. El creciente interés por parte de los arqueólogos en incorporarlos a sus proyectos de trabajo, deviene de la gran capacidad que presentan para el almacenamiento, gestión y representación de información espacial y la posibilidad que brindan de integrar cartografía de fuentes diversas, tales como imágenes, mapas temáticos, fotografías aéreas, e información temática organizada en bases de datos.

Entre algunos usos contemporáneos podemos mencionar:

- Aplicación en el marco de programas de preservación y conservación del patrimonio arqueológico. La gestión patrimonial se ve enormemente beneficiada a partir del análisis de la cartografía arqueológica en un entorno SIG. No sólo por la posibilidad de constante actualización de la información, sino también porque permite "cruzarla" con otros datos, por ejemplo, aquellos referidos al crecimiento de centros urbanos, cambios en la explotación de la tierra o las zonas de inestabilidad geológica, y de este modo, definir áreas prioritarias, monitorear zonas de emergencia arqueológica, entre otros.
- Localización de sitios a partir de imágenes



5. Esquema de integración en un SIG. [Modificado [www.esri.com](http://www.esri.com), ©ESRI]

### Sugerimos que observe los siguientes sitios arqueológicos en Google Earth

Sitio maya Caracol (Belice): 16°45'50"N - 89°07'03"O  
 Sitio inka El Shincal de Quimivil (Argentina): 27°41'11"S - 67°10'46"O  
 Sitio Tikal (Guatemala): 17°13'19.66"N - 89°37'23.15"O  
 Líneas de Nazca (Perú): 14°41'18.25"S - 75° 7'22.08"O  
 Tiahuanaco (Bolivia): 16°33'22.43"S - 68°40'20.75"O  
 Esfinge de Giza (Egipto): 29°58'30.27"N - 31° 8'17.44"E  
 Stonehenge (Gran Bretaña): 51°10'43.98"N - 1°49'34.37"O  
 Gran Muralla (China): 40°20'1.77"N - 116°28'49.12"E  
 Coliseo romano (Italia): 41°53'25.25"N - 12°29'32.49"E  
 Pucará de Tilcara (Jujuy Argentina): 23°35'11.42"S - 65°24'5.73"O  
 Machu Picchu (Perú): 13°09'48"S - 72°32'44"O

de alta resolución espacial, o por interpretación visual de firmas espectrales. También es posible generar modelos predictivos de ubicación de sitios basados en relaciones espaciales entre estos y ciertos atributos del paisaje como la altitud, la proximidad con cursos de agua, pasajes naturales de circulación, canteras de recursos líticos o arcillas.

- Clasificación y localización de los diferentes tipos de plantas que crecen en las rocas de los sitios arqueológicos, facilitando de este modo su localización. Este uso se relaciona con la geobotánica, la cual presta apoyo a la arqueología cuando se une a la Teledetección. Entre otras cosas, también permite identificar el sedimento suelto correspondiente a antiguos campos agrícolas o a eventos de enterramiento.
- Generación de cartografía complementaria a la información estrictamente arqueológica, pero relevante para analizar e interpretar el pasado, como por ejemplo, mapas de suelos, mapas de rutas, modelos de elevación del terreno, etc.

### La arqueología del futuro

Tal como se ha visto hasta aquí las técnicas vinculadas con la Teledetección han permitido, a lo largo de la historia de la disciplina, complementar los estudios comúnmente ligados a la excavación y las antiguas técnicas de prospección sobre el terreno, con otras nuevas fuentes de información remota, en muchos casos incluso, revolucionando aquellas formas tradicionales de hacer arqueología

Entre los diversos estudios que estas nuevas técnicas de Teledetección espacial permiten realizar, hemos mencionado la localización y definición de asentamientos humanos; la evaluación y cuantificación de recursos disponibles en una región determinada (mineros, agrícolas, acuíferos, hidrocarburos, etc.); el trazado de redes de comunicación y transporte, usos potenciales del suelo, zonas de aprovechamiento turístico, gestión patrimonial, entre otros.

Los datos obtenidos por sensores remotos (fotografías aéreas, imágenes satelitales y

de radar) son una fuente fundamental para el trabajo en entornos SIG. Conjuntamente, ambas tecnologías conforman verdaderos sistemas de información integrada, que permiten un manejo positivo de grandes volúmenes de datos geográficos organizados en mapas temáticos, facilitan su obtención, constante actualización, manipulación y correlación, además de la generación de modelos de simulación matemática, útiles para la evaluación del potencial arqueológico de distintas zonas. Se convierten así, en grandes herramientas técnico-metodológicas para alcanzar una adecuada interpretación y gestión sobre un paisaje arqueológico.

Si bien el empleo de estas nuevas tecnologías está ampliamente difundido en la arqueología hoy en día, poseen aún un gran potencial por ser explorado en el futuro. ♦

### Lecturas sugeridas

Chuvieco, E. 1991. *Fundamentos de teledetección espacial*, RIALP, Madrid.

Wheatley, D. y M. Gillings. 2002. *Spatial technology and archaeology*, editado por Taylor & Francis en Londres,

Albeck, M. y MC. Scattolín. 1984. "Análisis Preliminar de los asentamientos prehispánicos de Laguna Blanca (Catamarca) mediante el uso de fotografía aérea" publicado en la *Revista del Museo de La Plata (N.S)* VIII: 279-302.

Palacios Jurado, H. y M. Martín Bueno. 2004. "La teledetección en arqueología: el instrumento SAR", en *SALDVIE* 4: 331-361.

---

Dra. María Eugenia De Feo  
CONICET - División Arqueología, Museo de Plata, FCNyM, UNLP  
eugeniadefeo@yahoo.com.ar

Lic. J. Diego Gobbo  
División Arqueología, Museo de Plata, FCNyM, UNLP

Dr. Reinaldo A. Moralejo  
CONICET - División Arqueología, Museo de Plata, FCNyM, UNLP