ARQUEOLOGÍA AÉREA Y FUENTES DE DATOS LIBRES. POSIBILIDADES Y LÍMITES

Adara López-López[1] y Enrique Cerrillo Cuenca[2]

Resumen:

En la actualidad contamos con millones de imágenes aéreas de muy diferentes resoluciones y distintos usos, de acceso libre, público y gratuito desde servidores de Internet, gracias a la creación de servicios de datos espaciales como son los llamados *Web Map Service* (WMS).

Para la práctica de la Arqueología la liberación de estas fuentes de datos ha impactado positivamente permitiendo apoyar proyectos de investigación de forma dinámica o realizar aproximaciones visuales más detalladas de los sitios, popularizándose su uso. Esta popularización precisa también de una propuesta de buenas prácticas en Arqueología, evitando algunos de los riesgos que implica su utilización.

Es por ello que en el presente artículo señalamos brevemente estos puntos y proponemos una metodología orientada a la documentación de paisajes prehistóricos en la zona de Extremadura, basada en la comparación de series temporales de imágenes WMS tratadas a través de una solución de software libre, creada *ad hoc*, y la aplicación de criterios de validación. Una propuesta metodológica y sus respectivos resultados que nos servirán para evaluar la versatilidad y efectividad de estas fuentes de datos espaciales libres.

Palabras clave:

arqueología aérea, WMS, datos espaciales, Prehistoria, Extremadura.

Abstract:

Millions of aerial images with different resolutions and uses are available in the web currently through public and free access severs on the Internet thanks to the creation of spatial data services like the Web Map Services (WMS).

The availability of these data sources has a positive impact for archaeological practice, which has served for boosting research project dynamically or for obtaining detailed views from sites, which has popularised their use. However, this massive use also entails the promoting of good practices in Archaeology, avoiding some of the risks derived from its application.

In the present paper we briefly point out these points and propose a methodological approach focused on the documentation of prehistoric landscapes in Extremadura

1 Área de Prehistoria. Universidad de Alcalá (Madrid) adara.lopez@edu.uah.es

2 Doctor en Prehistoria enrique.cerrillocuenca@gmail.com

region (Spain), based on the comparison of temporal series from WMS images processed through an *ad hoc* open source software and the application of validation criteria. This methodological approach and its results would serve for evaluating the versatility and effectiveness of these sources of free spatial data.

Key words:

aerial archaeology, WMS, spatial data, Prehistory, Extremadura region (Spain)

Introducción

Millones de imágenes aéreas de cobertura global, obtenidas por cientos de satélites espaciales o vuelos programados, con muy diferentes resoluciones espectrales, temporales, espaciales y radiométricas, son posibles de utilizar en la práctica arqueológica gracias a su acceso libre, público y gratuito desde servidores de Internet especializados.

Esta gran disponibilidad de fuentes de datos espaciales, abiertas al público ya desde hace años, ha provocado un incremento imparable en su uso y fuerte impacto en la Arqueología, en cuyo campo se abren innumerables posibilidades: servir de material de apoyo de forma dinámica, impulsar proyectos de bajo coste, utilizarse para aproximaciones visuales detalladas de los sitios, estudios del paisaje a partir de series históricas o incluso prospecciones sistemáticas del territorio.

Es así como, ante la accesibilidad *online* de una documentación cartográfica tan abrumadora y la popularización del uso de estas imágenes digitales, es necesario promover unas buenas prácticas para estas herramientas y señalar las limitaciones que se nos presentan en su aplicación en la Arqueología.

Por ello, exponemos una propuesta metodológica dirigida a facilitar la detección de sitios arqueológicos y de otras entidades naturales relacionadas con ellos en los valles del Tajo y Guadiana a su paso por Extremadura, basada en la comparación de series históricas de imágenes aéreas accesibles y tratadas gracias a una solución de software libre, y la aplicación de criterios de validación, cuya puesta en práctica y resultados nos servirán para evaluar la versatilidad y efectividad de las fuentes de datos espaciales libres.

Datos espaciales libres y Web Map Service (WMS)

La actual disponibilidad de estas fuentes de datos espaciales se da gracias a creación de una serie de servicios de información geográfica que se ofrecen en la web, centrándonos nosotros concretamente en los denominados *Web Map Service* (WMS) o Servicios de Mapas en Web. Estos servicios fueron desarrollados

por *Open Geospatial Consortium* (OGC; http://www.opengeospatial.org/), la organización internacional que se encarga de la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica y de la *World Wide Web*, con acuerdos entre las diferentes organizaciones públicas, privadas y empresas que posibilitan la interoperación de sus sistemas de geoprocesamiento y facilitar el intercambio de la información geográfica en beneficio de los usuarios en Internet.

Fig. 1. Esquema Cliente – Servidor WMS (Iniesto y Núñez 2014, 185).

La clave para entender la importancia de estos servicios y el papel que juega la OGC reside en el concepto que desarrollan de "interoperabilidad", definido como la capacidad de algunos sistemas y servicios de comunicar, ejecutar, intercambiar o transferir datos en remoto encadenados y utilizados por otros sistemas tan sólo conociendo qué estándares generales cumplen y adoptándolos (Iniesto y Núñez 2014, 151). Esta definición también ha sido adoptada por el *Comité Técnico 211* de ISO (ISO/TC 211), el grupo internacional encargado de la estandarización de la información geográfica digital de la Organización Internacional de Normalización (ISO), y que en actual colaboración con OGC se encargan de la normalización de datos geográficos y servicios web a nivel global (http://www.isotc211.org/).

Es así entonces como concretamente el estándar WMS Versión 1.1.0 o superiores (Iniesto y Núñez 2014, 185-187; http://www.opengeospatial.org/standards/wms) se define como servicio de visualización que nos facilita el acceso a la representación de la información geográfica y temática, en formato vectorial o raster de forma dinámica, alojado en un servidor. Estos datos espaciales son susceptibles de ser consultados y visualizados en pantalla a través de un navegador, que pueden actuar como cliente (demandante de la información) ligero o cliente

pesado, al ser generados como la imagen digital de un mapa georreferenciado en formatos PNG, GIF o JPEG. Ambos permiten la visualización de estos mapas de forma individual o incluso de forma simultánea, pudiéndose superponer unos a otros al poder obtenerse desde diferentes servidores, permitiendo al cliente realizar composiciones personalizadas, consultar atributos en un punto e información sobre sus metadatos. Sin embargo, los WMS no son servicios que incluyan mecanismos de modificación de estos datos por parte del usuario ni pueden descargarse. Tan solo son de consulta y visualización *online.*

El uso de este tipo de servicios es posible gracias a la aprobación por el Parlamento Europeo y el Consejo el 14 de marzo de 2007 de la Directiva europea *INSPIRE* (Directiva 2007/2/CE; *Infrastructure for Spatial Information in Europe*), que instauró las reglas generales para el establecimiento de una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea, reclamando la estandarización y publicación vía Internet de los datos geoespaciales creados por sus estados miembros (http://www.idee.es/web/guest/europeo-inspire).

A nivel nacional, se produjo la transposición de esta Directiva al ordenamiento jurídico español con la *Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España* (LISIGE), con el objetivo de garantizar la homogeneidad de la información producida por los organismos públicos, asegurar la disponibilidad pública y actualización de los datos geográficos de referencia, y optimizar la calidad de la producción cartográfica oficial y su utilidad como servicio al público (http://www.idee.es/web/guest/espanol-lisige). Entonces, como estrategia más adecuada para dar respuesta a estas directivas y facilitar la posibilidad de acceso de ciudadanos, instituciones y empresas a la información geográfica y servicios de geoprocesamiento a través de la Red, surgen las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) definidas como un sistema informático integrado por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, aplicaciones, páginas web,…) que permite el acceso y la gestión de conjuntos de datos y servicios geográficos, disponibles en Internet, cumpliendo una serie normas, estándares y especificaciones que regulan y garantizan la interoperabilidad de la información geográfica (Iniesto y Núñez 2014, 22).

España, obviamente, cuenta con su propia IDE denominada Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE; http://www.idee.es/web/guest/inicio) a través de la cual tenemos acceso a servicios y recursos de los organismos nacionales, algunas comunidades autónomas, ciertos ayuntamientos y variadas entidades y organismos que publican sus datos temáticos. Concretamente, contamos con más de 1900 WMS disponibles, clasificados a nivel Estatal, Autonómico, Local y de Países Vecinos, que día a día se van actualizando e incrementando.

Es preciso hacer un inciso aquí para distinguir nítidamente entre las posibilidades que ofrecen servicios como *Google Earth* o *Bing Maps,* entre otros, y los servicios WMS. Es así como el concepto de estandarización no existe en

la aplicación más popular para la visualización de imágenes satelitales (*Google Earth*), que se comporta como cliente pesado de servicios de visualización no estándar. Sin embargo, para facilitar la interoperabilidad, la IDEE permite utilizar el visualizador de *Google Earth* como cliente de un servicio WMS estándar OGC que cumple ciertas condiciones.

Fig. 2. Captura Servicios WMS ofrecidos en IDEE. Abril 2015 (http://www.idee.es/web/guest/directorio-de-servicios).

WMS y Arqueología aérea

Teniendo a nuestro alcance esta enorme cantidad de servicios de acceso fácil, libre, rápido y gratuito, se abre la posibilidad de utilizarlos como herramienta para el desarrollo de la Arqueología área, o al menos como una fuente más en el desarrollo de esta metodología tan arraigada en la disciplina. De momento, simplemente podemos considerar cómo la popularización de *Google Earth* como herramienta de prospección sistemática ha contribuido de forma exitosa a la detección y documentación de nuevos sitios arqueológicos. Desde su lanzamiento en 2005 se ha convertido en una aplicación ampliamente utilizada tanto por investigadores, educadores como el público en general, comenzándose a considerar de forma seria en arqueología (Handwerk 2006), y demostrando su efectividad en estudios de lugares con difícil acceso por diferentes causas, como por ejemplo Afganistán, elaborando una metodología de prospección sistemática virtual con la identificación de cientos de yacimientos potenciales (Thomas *et al.* 2008). Sin embargo, desde el principio también se comenzaron a tener en cuenta los peligros y limitaciones de esta popular aplicación, pudiéndose incrementar

el expolio si se publicaban las coordenadas exactas de los sitios (Ur 2006), o la irregularidad en la disponibilidad de imágenes de alta resolución y de muy diferentes temporalidades en ciertas áreas a nivel global.

No obstante, en una de nuestras áreas de estudio, concretamente en la cuenca media del Guadiana a su paso por Portugal, la aplicación *Google Earth* ha resultado muy satisfactoria con la identificación de un elevado número de posibles recintos de fosos neolíticos y calcolíticos a partir de la visualización de imágenes satelitales (Valera y Pereiro 2013). El yacimiento de Xancra fue uno de los primeros en detectarse de esta forma (Valera 2008), comprobándose después en algunos de estos nuevos sitios la existencia de materiales arqueológicos superficiales, realizándose algunas intervenciones e incluso la aplicación de técnicas geofísicas como la magnetometría con la obtención de resultados muy relevantes (Valera y Becker 2011).

Es cierto que la práctica de la arqueología aérea ha evolucionado a menor ritmo en la Península Ibérica que en el resto de Europa, donde tiene una larga tradición y éxito desde la década de 1940. Pese a ello, es posible aprovechar las actuales herramientas a nuestro alcance, como son las Tecnologías de Información Geográfica (TIG), las fuentes de datos libres y el potencial arqueológico de nuestras zonas de trabajo para obtener una documentación aérea de mayor calidad.

Es así como los WMS pueden convertirse en un apoyo esencial en los proyectos de investigación, tanto en el proceso de documentación como en la difusión de los resultados. En cuanto al primero de ellos, el uso que puede hacerse de estos datos reside en tres aplicaciones básicas: 1) la detección sistemática o no de nuevos yacimientos arqueológicos mediante técnicas de foto-interpretación y teledetección; 2) la lectura de la morfología del paisaje con vistas a comprender su dinámica histórica (Saco del Valle 1995); y 3) la contextualización clásica de los sitios arqueológicos, que es probablemente uno de los usos más habituales de estos servicios.

Gracias a la actualización constante de datos es posible tener al alcance imágenes aéreas con resoluciones temporales, espaciales y radiométricas cada vez más variadas, lo que permite un seguimiento muy detallado de los sitios arqueológicos incluso permitiendo su análisis bajo diferentes circunstancias (cambios estacionales de vegetación, variaciones topográficas, cambios de uso del suelo, etc.).

De esta forma, la reciente incorporación a estos servicios libres de "fuentes históricas", como son las series de fotografías aéreas analógicas ahora disponibles del Vuelo Americano de la Serie B (1956-1957) o los Vuelos Interministerial y Nacional de los años 1973-1986 y 1980-1986, no hacen más que incrementar la información temporal disponible, permitiéndonos la posibilidad de integrar los datos espaciales de distintos periodos entre sí y facilitando los estudios del paisaje a lo largo del tiempo. Por otra parte, la disponibilidad de WMS con distintas

resoluciones radiométricas, gracias al acceso a composiciones de falso color con información del canal de infrarrojo cercano, cuenta ya con historias de éxito en la detección de sitios arqueológicos como los recientes resultados de los recintos de fosos calcolíticos del valle del Duero (García 2013).

Sin embargo, es cierto que estos servicios tienen una serie de limitaciones y riesgos en su uso que debemos conocer antes de consumirlos masivamente, promoviendo una serie de buenas prácticas para estas herramientas. Obviamente, es necesaria una conexión permanente a Internet para la consulta de estos datos espaciales, teniendo en cuenta que la información que se nos ofrece no es modificable para proteger así su estandarización, y pudiendo reportar siempre errores al organismo que la ofrece.

Por otra parte, a día de hoy tan solo tenemos acceso a imágenes cenitales (horizontales) del territorio, que en muchos casos no sustituyen el valor analítico que pueden tener las fotografías verticales (oblicuas) utilizadas tradicionalmente en la fotointerpretación arqueológica. Sin embargo, ambas son fuentes de información muy importantes con sus respectivos pros y contras, pero capaces de complementarse indiscutiblemente (Doneus 2000, 38). Además, de momento la resolución espacial de la mayoría de las imágenes es limitada, no permitiendo visualizar en algunas ocasiones entidades arqueológicas de pequeño tamaño.

También debemos tener muy claro que aunque el acceso a estos datos sea fácil y gratuito, la interpretación que se obtenga de ellos tendrá que estar basada en una mínima formación previa y nivel técnico en Tecnologías de Información Geográfica (TIG), cartografía, fotointerpretación y Arqueología. Ello nos permitirá reconocer la calidad y fiabilidad de la información ofrecida, su utilidad para la aplicación de ciertas técnicas y el correcto uso de los sistemas de coordenadas geográficas y proyecciones cartográficas. Por ejemplo, la popularización de estos datos ha facilitado la proliferación de interpretaciones pseudocientíficas (identificación de lugares míticos, sitios imposibles,…) que restan objetividad a la metodología que se intenta practicar.

Por ello, lo más importante es recordar que en la práctica arqueológica estas técnicas tan solo son una serie de herramientas que nos aproximan desde diferentes puntos de vista a las realidades históricas, y no se deben de utilizar como una prueba objetiva de la presencia/ausencia de sitios, pues somos nosotros quienes debemos interpretar los datos con nuestras propias capacidades y limitaciones para leer el paisaje (Heras y Cerrillo 2006, 280).

Algunos casos prácticos

Para evaluar la versatilidad y efectividad de estas fuentes de datos espaciales, vamos a exponer brevemente una propuesta metodológica orientada a la

documentación de paisajes prehistóricos en Extremadura, basada en la comparación de series temporales históricas de imágenes aéreas de libre acceso. Los resultados que presentamos proceden de dos proyectos de investigación centrados en la aplicación de información geográfica en los que estamos trabajando actualmente: de un lado el reconocimiento de recintos de fosos a lo largo del entorno del Guadiana, y de otro la localización de túmulos megalíticos en las márgenes del Tajo. En ambos casos, la aplicación de fuentes de datos libres está permitiendo una mejora sustancial a la hora de comprender los paisajes prehistóricos en ambas cuencas, siendo una característica común a ambos proyectos la utilización de imágenes originales, pero también la transformación estadística de las mismas para facilitar la interpretación del territorio.

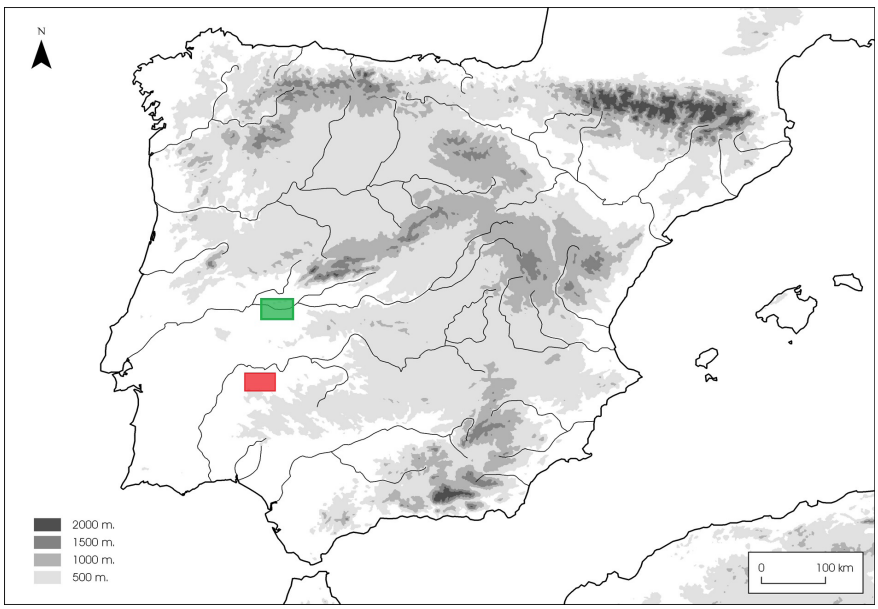

Fig. 3. Áreas de estudio en Extremadura: entornos del Tajo y del Guadiana.

Es así como el uso de especificaciones abiertas, en este caso los servicios WMS, ha permitido el diseño de una aplicación informática de software libre llamada *ArchaeoExplorer* que, como un cliente ligero, se conecta a estos servicios y permite ofrecer salidas gráficas (imágenes) de áreas de interés arqueológico con vistas a su catalogación y análisis visual y digital. Esta pequeña aplicación ha sido desarrollada como una ayuda a la catalogación de anomalías, y es capaz de hacer usos de estos servicios para digitalizar entidades, y lo que puede resultar más interesante, combinar de una forma ágil la información de vuelos de distintas series. El cliente se ha escrito en el lenguaje de programación *Python*, para el que existen librerías específicas de gestión de datos WMS. Quizás es éste es un caso

en el que la existencia de datos libres fomenta el desarrollo de software específico y no al revés.

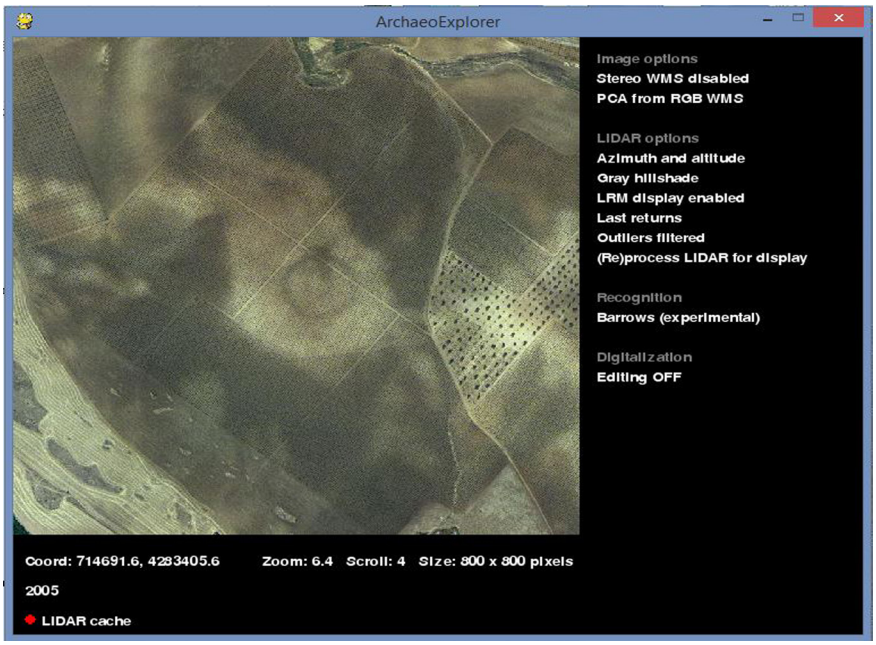

Fig. 4. Captura de la interfaz de ArchaeoExplorer. Versión Windows.

Para el proyecto de detección de recintos de fosos en el Guadiana (López 2015), las fuentes WMS empleadas han sido las que nos permitían el acceso a las fotografías aéreas del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) de 2005 a 2013, el Vuelo Americano Serie B y los Vuelos Interministerial y Nacional. Entre ellas se incluyen tanto series históricas como composiciones de falso color que emplean la información del Infrarrojo cercano (IR). Otra técnica empleada ha sido el Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés). El PCA se ha empleado en nuestro caso para reducir la dimensionalidad de las imágenes a color y poder resaltar de una forma más clara los elementos reflejados en la fotografía. Para ello hemos obtenido generalmente el primer o segundo componente y lo hemos transformado en una imagen de color empleando una escala de color. Toda esta información es útil para resaltar alteraciones en la composición de los suelos, como serían las marcas de humedad o en los cultivos (*soilmarks* o *cropmarks*), que pueden reflejar la presencia de las estructuras negativas de los fosos. De esta forma, una vez identificada una anomalía, se compara su visualización en las diferentes fotografías aplicando una serie de criterios visuales diferenciadores para comprobar si esos rasgos característicos perduran en el tiempo entre las distintas imágenes, valorando su visibilidad y, junto con la información geológica,

topográfica y el uso del suelo existente para su ubicación, se evalúa la posibilidad de que se trate de posible yacimiento arqueológico.

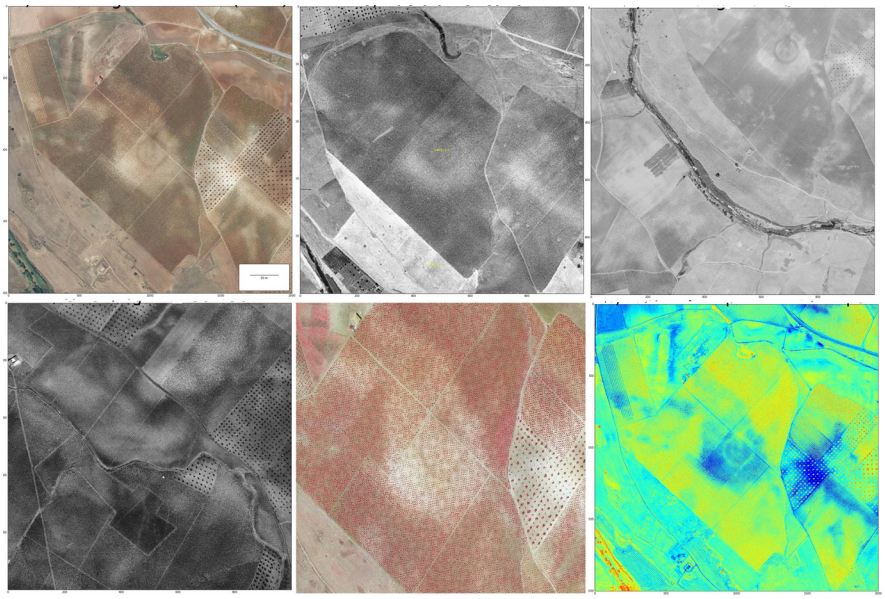

Fig. 5. Imágenes anomalía Guadiana "El Barrito": (arriba) PNOA 2010 (RGB), Vuelo Americano Serie B, Vuelo Interministerial; (abajo) Vuelo Nacional, PNOA (IR+RGB), Falso Color (Primer Componente Principal).

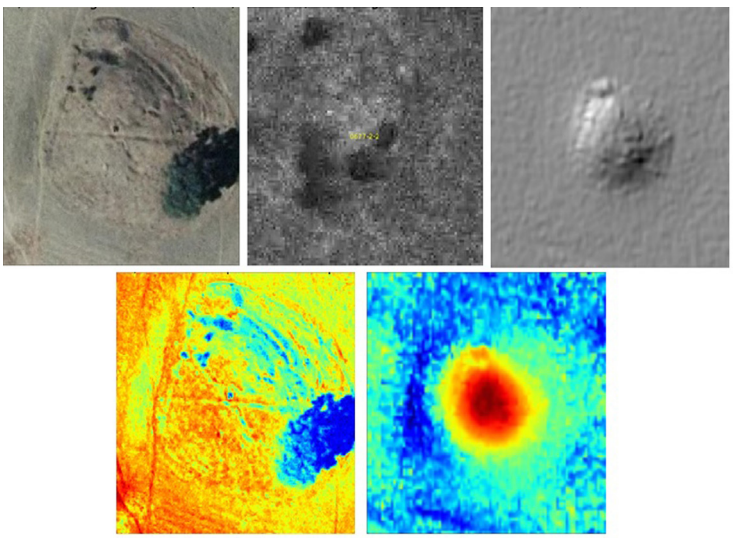

Fig.6. Uno de los túmulos del sitio de Monteconcejo, en el Tajo: (arriba) PNOA (RGB), Vuelo Americano, LiDAR; (abajo) Falso Color (Primer Componente Principal), análisis de LiDAR (topografía).

Es así como los primeros resultados obtenidos nos hablan de un total de 28 anomalías en una pequeña área de estudio de 1070 km^2 en la margen izquierda de la cuenca media de Guadiana, concretamente en Tierra de Barros, de las cuales un 60,7% de ellas se han clasificado como probables recintos de fosos inéditos en esta área, pero a falta todavía de una confirmación en el campo mediante técnicas de prospección intensiva, geofísica o excavación.

En el caso del Tajo, la información anterior se ha completado con información altimétrica de alta precisión, derivada de datos LiDAR, para reconocer estructuras arqueológicas. Esta combinación facilita el reconocimiento de estructuras no sólo a partir de la información topográfica sino a través de la modificación de la superficie del terreno. La estrategia empleada para la foto-interpretación, coincidente con lo ya descrito para el entorno anterior, ha permitido la selección automática de miles de coincidencias topográficas, en cuanto a tamaño forma y elevación, que en este momento están siendo comprobadas y descartadas mediante el programa *ArchaeoExplorer*.

Consideraciones

Finalmente, tan solo nos queda evaluar muy brevemente la versatilidad de los servicios web como fuente de datos espaciales libres y su efectividad en la disciplina arqueológica.

Es cierto que en líneas generales la directiva INSPIRE nació, entre otras cosas, con la finalidad de realizar una gestión de las políticas medioambientales europeas de una forma más normalizada, pero siendo toda la información geográfica publicada de una enorme utilidad en Arqueología y reclamando ya por algunos grupos de investigadores (Fernández, Parcero y Uriarte 2014) considerar el patrimonio cultural también como información geográfica para incorporarlo de forma específica a las fuentes de datos espaciales libres dentro del marco definido por INSPIRE, para facilitar su integración, estructuración y publicación.

Además, con el actual ritmo de desarrollo de las tecnologías y actualización de los servicios, como por ejemplo ha sido la incorporación y futuro incremento en la disponibilidad de las imágenes de los vuelos históricos a los servicios WMS, se comienza a abrir el camino para volver a entroncar la tradición previa de análisis morfológico del paisaje que se ha impulsado en España desde la década de 1980 y especialmente de 1990. Bien es cierto que parte de esta información ha estado disponible bajo distintos formatos desde comienzos de la década de 2000, con aplicaciones web como el SIG Oleícola, pero es la liberalización de datos y la creciente disponibilidad de series de vuelos lo que fomenta el diseño de iniciativas como las que hemos descrito.

Ese mismo desarrollo es el que está permitiendo las constantes mejoras en las resoluciones de estos datos geográficos pero sobre todo el aumento del número de fuentes de información espacial y su gran disponibilidad se convierten en la clave para poder promover la utilización de una serie de herramientas, como son la teledetección y la fotointerpretación, con el objetivo de identificar anomalías permitiendo un acercamiento más riguroso a las posibles entidades arqueológicas y a los sitios ya conocidos desde otros puntos de vista, con el incremento de conocimiento que ello implica. Por ello la estandarización y generalización de servicios como los WMS se vuelve tan importante al permitir su formato la integración de datos diversos que puedan ser comparables y facilitar su análisis. Las ventajas para la gestión de datos arqueológicos son evidentes, como también lo son para la investigación de paisajes prehistóricos. Sin embargo, no quisiéramos finalizar sin incidir en la necesidad de desarrollar estrategias de comprobación de estos datos en campo.

Por último, señalamos como los primeros resultados de los casos prácticos presentados apoyan la gran versatilidad y utilidad de estos servicios con la posibilidad de desarrollar aplicaciones específicas para Arqueología a partir de ellos, convirtiéndose en una herramienta de carácter no destructivo, existiendo incluso la posibilidad de que nosotros creemos la información geográfica y arqueológica y se convierta en un servicio WMS, para darle la mayor difusión posible.

Bibliografía

CONSEJO SUPERIOR GEOGRÁFICO: "Estándar de interfaz. *Web Map Service (WMS) Versión: 1.3.0*". Infraestructura de Datos Espaciales Española, GTIDEE, (23-02-2012).

M. DONEUS: "Vertical and oblique photographs". AARGNews 20, (March 2000), pp. 33-39.

C. FERNÁNDEZ FREIRE, C. PARCERO-OUBIÑA y A. URIARTE GONZÁLEZ: "A data model for Cultural Heritage within INSPIRE". Cadernos de Arqueoloxía e Patrimonio (CAPA), 35 (febrero 2014).

M. GARCÍA GARCÍA: "Las Pozas (Casaseca de las Chanas, Zamora): dos nuevos recintos de fosos calcolíticos en el Valle del Duero". Trabajos de Prehistoria 70 Nº 1, (enero-junio 2013), Madrid, pp. 175-184.

B. HANDWERK: "Google Earth, Satellite Maps Boost Armchair Archaeology". National Geographic News, (November 7, 2006). http://news.nationalgeographic.com/news/2006/11/061107-archaeology.html (Última visualización 20/04/2015)

F. J. HERAS MORA y E. CERRILLO CUENCA: "Paisajes y dinámica cultural de la Prehistoria Reciente en el Guadiana Medio". Actas do IV Congresso de Arqueologia Peninsular. Do Epipaleo-litíco ao Calcolítico na Península Ibérica, Faro, (2006), pp. 279-290.

M. INIESTO y A. NÚÑEZ: Introducción a la Infraestructuras de Datos Espaciales. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN), Madrid: 2014.

A. LÓPEZ LÓPEZ: "Aplicaciones de la Teledetección y la Fotointerpretación: prospección sistemática del territorio de la Prehistoria Reciente en el Guadiana español". V Jornadas de Jóvenes Investigadores de la Universidad de Alcalá, Volumen Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, (2015), (en prensa).

A. OREJAS SACO DEL VALLE: Del marco geográfico a la Arqueología del paisaje: la aportación de la fotografía aérea. CSIC, Madrid: 1995.

D. C. THOMAS, F. J. KIDD, S. NIKOLOVSKI y C. ZIPFEL: "The Archaeological Sites of Afghanistan in Google Earth". AARGnews 37, (septiembre 2008), pp. 22-30.

J. UR: "Google Earth and Archaeology". The SAA Archaeological Record 6, Washington D.C., (2006), pp. 35–38.

A.C. VALERA: "O novo recinto de fossos calcolítico de Xancra (Cuba, Beja)". Apontamentos de Arqueologia e Património, 2, NIA-ERA Arqueologia, Lisboa, (2008), pp. 23-26.

A.C. VALERA y H. BECKER: "Cosmologia e recintos de fossos da Pré-História Recente: Resultados da prospecção geofísica em Xancra (Cuba, Beja)". Apontamentos de Arqueologia e Património, 7, NIA-ERA Arqueologia, Lisboa, (2011), pp. 23-36.

A. C. VALERA y T. PEREIRO: "Novos recintos de fossos no Sul de Portugal: o Google Earth como ferramenta de prospecção sistemática". Arqueologia em Portugal - 150 Anos, I Congresso da Associação dos Arqueólogos Portugueses, AAP, Lisboa, (2013), pp. 345-350.