



LAS CUEVAS DE LA LLUERA (SAN JUAN DE PRIORIO, OVIEDO, ASTURIAS, ESPAÑA): ELABORACIÓN MEDIANTE UN SIG DE UNA ESTRATIGRAFÍA SOLUTRENSE

La Lluera caves (San Juan de Priorio, Oviedo, Asturias, Spain):
elaboration by GIS of a solutrean stratigraphy

José Adolfo Rodríguez Asensio¹, José Manuel Barrera Logares²
y Eugenio Aguilar Huergo³

Recibido el 28 de febrero de 2013. Aceptado el 13 de septiembre de 2013

Resumen. *El uso de modelos arqueológicos en 3D cada día tiene más auge en arqueología. En estos últimos años, arqueología y tecnologías de la información se han convertido en un gran binomio. Ahora bien, los modelos arqueológicos en 3D no son simples recreaciones virtuales, sino que siempre deben ajustarse a criterios científicos. Dentro de los modelos arqueológicos en 3D, nosotros nos centramos en el mundo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y en la realización de la estratigrafía solutrense de las cuevas de La Lluera (Asturias, España). Abordamos la elaboración de la estratigrafía solutrense de las mencionadas cuevas como un proceso interactivo de restitución de la realidad arqueológica, un proceso de validación de los datos y un proceso de simulación. Gracias al mencionado proceso, cuyo resultado es la realización mediante un SIG de una estratigrafía solutrense, constatamos que los SIG son la herramienta adecuada para abordar interdisciplinariamente el estudio de las cuevas de La Lluera.*

Palabras clave: *cuevas de La Lluera, Solutrense, Sistemas de Información Geográfica, estratigrafía, cornisa cantábrica.*

Abstract. *The scientific use of 3D models every day has more heyday in archaeology. Archaeology and information technologies have turned in the latter years into a big binomial. Now then, the archaeological models in 3D are not simple virtual recreations, but they must always fit to scientific criteria. Inside the world of the archaeological models in 3D, we center in the field of the GIS or Geographical Information Systems and in the achievement of the solutrean stratigraphy of La Lluera caves (Asturias, Spain). We raise the making of the solutrean stratigraphy of the above mentioned cave like an interactive process of restitution of the archaeological reality, data validation and simulation. Thanks to the above mentioned process, whose outcome is the realization by GIS a solutrean stratigraphy, see what GIS are the appropriate tool to address interdisciplinariamente the study of the La Lluera caves.*

Keywords: *La Lluera caves, Solutrean, Geographic Information Systems, stratigraphy, Cantabrian region.*

(¹) Área de Prehistoria. Departamento de Historia. Universidad de Oviedo. Calle Teniente Alfonso Martínez s/n. E-33011 Oviedo. adolfo@uniovi.es.

(²) Calle Albéniz 12, 2º. E-33011. Oviedo. jmebarrera@gmail.com.

(³) Calle Maestro Joaquín Valdés 5, 3D. E-33930. La Felguera. e.aguilar.0@hotmail.com.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido un gran avance en el binomio nuevas tecnologías de la información y patrimonio cultural. Nuestro país y nuestra región no han sido una excepción (Malaurent *et al.* 2007; Marín Arroyo 2005; Sebastián López *et al.* 2009; Marcos Sáiz 2009; Corchón Rodríguez *et al.* 2009).

El uso científico de modelos 3D cada día tiene más auge en Arqueología. Fruto de ello, palabras como ciber-arqueología y visita virtual (Forte 2009), reproducción digital y realidad virtual (Frischer 2009), o Arqueología virtual (Pletinck 2009) son cada vez más comunes tanto en la investigación arqueológica como en la divulgación. A lo largo de la tradición historiográfica de la arqueología numerosos conceptos han irrumpido con fuerza. Muchos se quedaron en palabras de moda, unas pocas pasaron a ser parte ineludible de la Arqueología. La Prehistoria es siempre pionera en estos temas. La razón es muy simple: ser el periodo más lejano a nuestros días, y por ello, casi siempre, del que menos registro arqueológico nos llega. De la necesidad se hace virtud. No es el fin de este artículo definir cuáles de estos conceptos pasarán a formar parte ineludible de la historiografía arqueológica, pero para una mejor comprensión del mismo si conviene explicar porqué irrumpen con fuerza. En primer lugar, todos ellos beben de lo mismo, las nuevas tecnologías de la información. De sobra es conocida la importancia que han alcanzado en estos últimos años las nuevas tecnologías de la información. En segundo lugar, todos han sido acuñados fruto de desarrollar herramientas muy útiles para la Arqueología, herramientas que sabiendo utilizarlas son indispensables para el historiador. Y finalmente, porque en estos últimos años se ha desarrollado todo un cuerpo legal que protege el patrimonio virtual (London Charter 2.1 en Denard, ed. 2009), y eso es indicativo de que había la necesidad de legislar.

Unos años antes, concretamente en 1979, fue descubierta la cueva de La Lluera I por el grupo espeleológico Polifemo (Rodríguez Asensio 1990). Meses después, en abril de 1980, se descubrió la cueva de La Lluera II (Rodríguez Asensio 1990). Ambas cuevas están situadas en San Juan de Priorio (Oviedo, Asturias). Quizás, sean más conocidas por la importancia de su arte rupestre, concretamente sus grabados, que por sus excavaciones arqueológicas (Fortea Pérez 1989; Fortea Pérez 1990). No obstante, durante los años comprendidos entre 1980 y 1988, han sido excavadas por Rodríguez Asensio (1990), y en la presente edición de esta revista, hay una buena prueba de la importancia de las mismas (Rodríguez Asensio *et al.* en este volumen).

2. OBJETIVOS

A diario, hay excavaciones arqueológicas en cualquier parte del mundo. Muchos de los problemas con los que se

encuentra el arqueólogo son recogidos en hojas de excavación, cortes estratigráficos, fotos, etc. Es un intento de documentar, lo más fielmente posible, el registro arqueológico. Hoy, en día, cabe esta pregunta: ¿qué se puede hacer informáticamente con todo ello? Con la elaboración mediante un SIG de la estratigrafía solutrense de las cuevas de La Lluera, intentamos dar respuesta a esta pregunta, y a la vez, mostrar al arqueólogo, qué muchos de los problemas a los que se enfrenta a diario, deben ser abordados con la herramienta adecuada: los SIG.

3. METODOLOGÍA

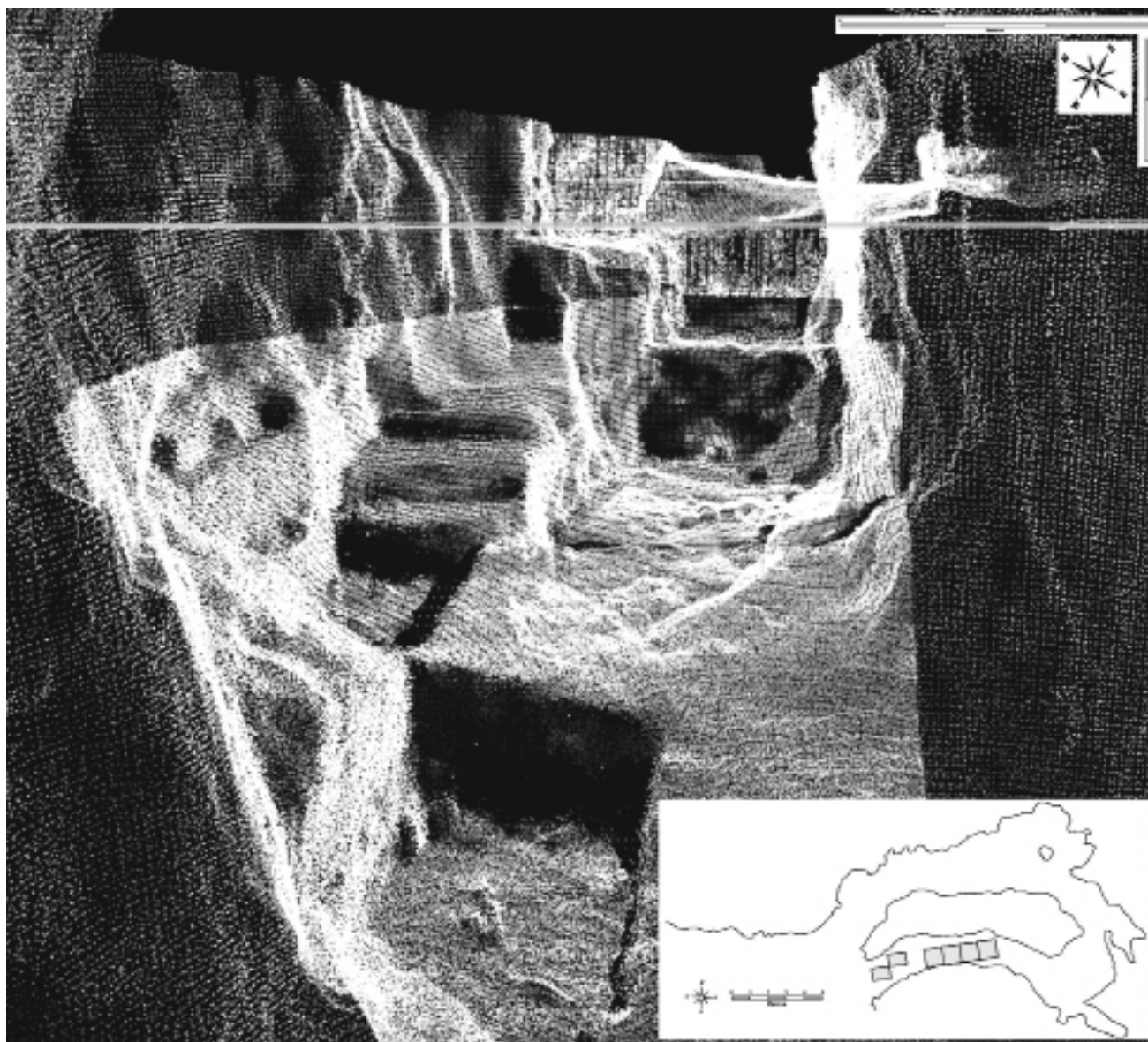
Robert Vergniew (2009) sostiene que debe promoverse cada día más el uso científico de los modelos arqueológicos en 3D. Ahora bien, no son simples recreaciones virtuales, sino que siempre deben ajustarse a criterios científicos. Para la creación de un modelo arqueológico en 3D siempre es necesario pasar por tres procesos: un proceso de restitución de la realidad arqueológica, un proceso de validación de los datos y un proceso final de simulación. Basándonos en ello, nosotros nos acercamos al mundo de los modelos arqueológicos en 3D desde la perspectiva de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son la herramienta adecuada, para visualizar y resolver muchos de los problemas a los que se enfrenta la Geología y la Arqueología (Hodder y Orton 1976; Baena *et al.* 1999; Conelly y Lake 2009).

La primera creación y definición de un SIG, la hace Tomlinson en 1967, sobre una cartografía informatizada donde intentaba aprovechar los inmensos recursos naturales de Canadá. SIG para él es "una aplicación informática cuyo objetivo es desarrollar un conjunto de tareas con información geográfica digitalizada" (Tomlinson y Mounsey 1988). En 1990, el Centro Nacional de Análisis e Información Geográfica de EEUU (NCGIA) define a los SIG como "sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión" (Star y Estes 1990).

El proceso de restitución de la estratigrafía de las cuevas de La Lluera viene dado por el escaneado de la cueva de La Lluera I (Fig. 1) y los datos tomados en la excavación arqueológica. Rodríguez Asensio (1990) excavó entre 1980 y 1988 las cuevas de La Lluera, y encargó a la empresa topográfica Soluciones 3D S.L. (2008) realizar el escaneado de la cueva de La Lluera I, desde la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Consejería de Cultura y Turismo del Principado de Asturias.

El proceso de validación de la estratigrafía en 3D es fruto del trabajo en el laboratorio de la Universidad de



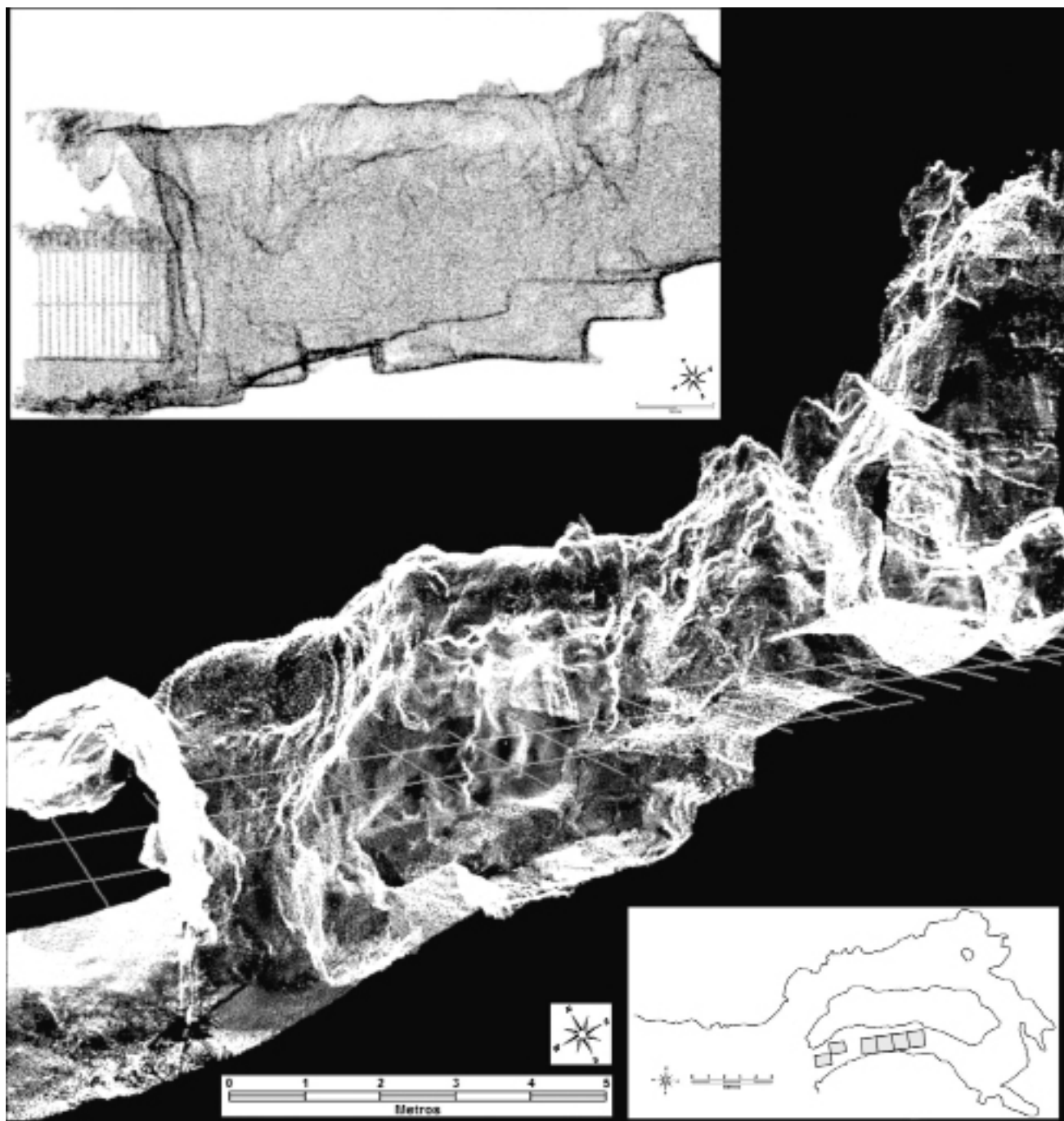
▲ FIGURA 1. Escaneado 3D de la excavación arqueológica de la cueva de La Lluera I en el programa Cyclone. En pequeño, plano en 2D de la cueva con una cuadrícula en gris de la zona excavada. Varias escalas en horizontal y en vertical (en metros), dado que es una foto en perspectiva sacada de un 3D.

Oviedo interpretando los datos, tanto del escaneado como de la excavación arqueológica, informática e infográfica-mente. Los datos del escaneado, almacenados en varios archivos, mediante el programa Cyclone se exportaron a ficheros de dibujo técnico o Autocad. En la Fig. 2 se puede observar la zona de la excavación H8, H9, H10, H11, H13, H14 e I14.

Los datos de la excavación, recogidos mediante dibujos de cortes estratigráficos, hojas de excavación y fotos, fueron llevados a software de diseño asistido por ordenador en tres dimensiones (Autocad), para transformarlos en una reconstrucción en 3D de la excavación arqueológica. Posteriormente, una vez que se tuvieron todos los datos transformados en dibujo técnico, empezó el trabajo en SIG con el programa ArcGIS de ESRI. En ArcGIS, se rea-

lizó la voxelización de cada estrato, cuadro de excavación por cuadro. En este punto, conviene aclarar, qué el término voxelización, surge de la palabra voxel. Voxel es una combinación de las palabras volumen y pixel. Mediante la voxelización, por lo tanto, se trata de crear píxeles volumétricos en los que queda definida una tercera dimensión, la altura de la celdilla (Baena y Ríos 2006). Así, ciertos programas SIG, como ArcGIS (bien a través de productos propios como voxel o bien desarrollando aplicaciones informáticas), mediante la voxelización crean volúmenes en 3D.

Por último, se llevó a cabo el proceso de simulación. En ArcGIS, se montó, estrato a estrato y cuadro a cuadro, la estratigrafía solutrense de las cuevas de La Lluera. Después, a cada nivel se le superpuso los dibujos de los suelos.

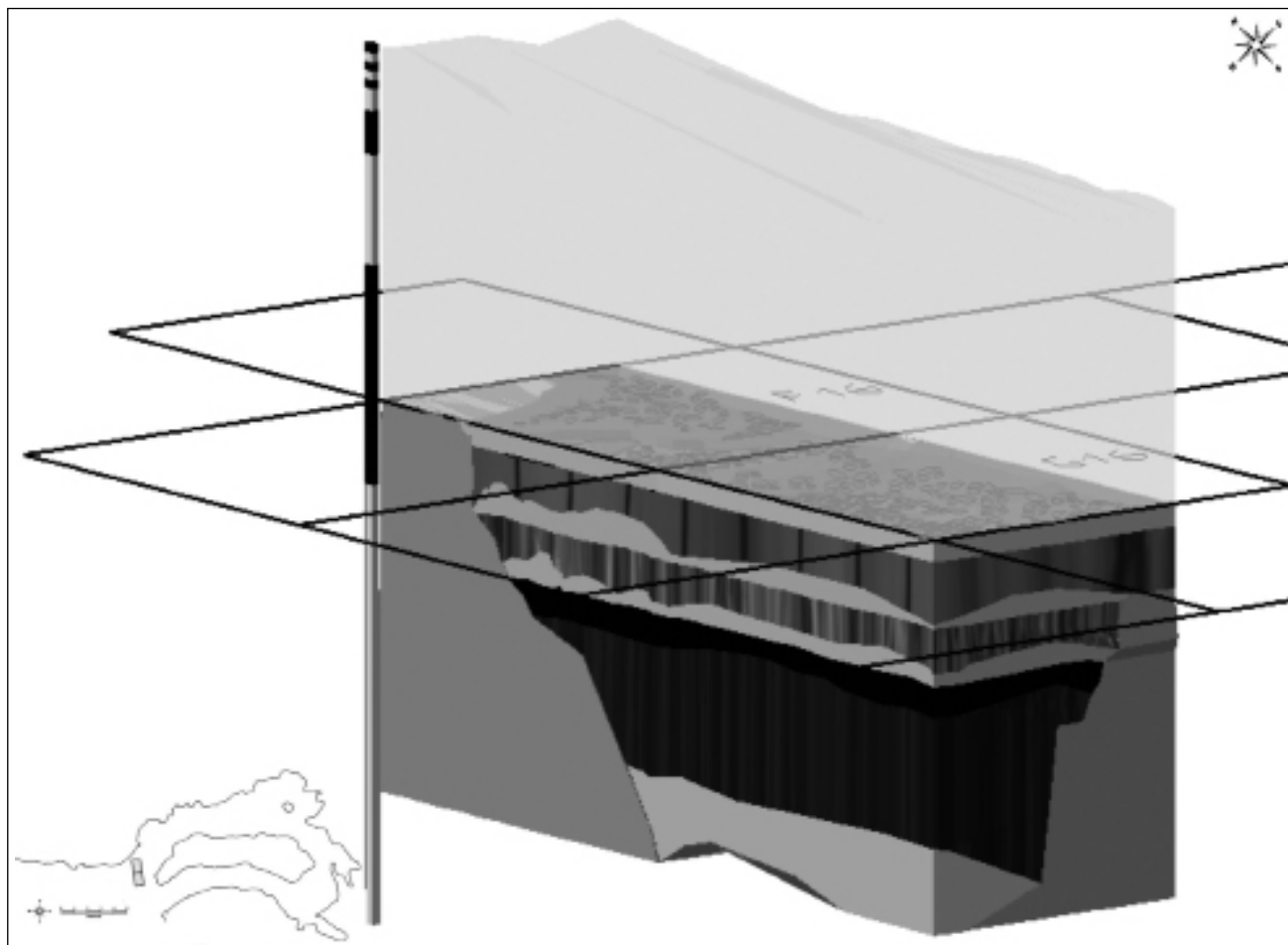


▲ FIGURA 2. Datos del escaneado llevados a dibujo técnico. En el centro, escaneado de la zona de excavación en el Programa Cyclone. En la parte superior, zona de la excavación en ficheros de dibujo técnico o Autocad. En la parte inferior, situación de la zona en el plano general de la cueva de La Lluera I.

4. RESULTADOS

Con este proceso de simulación, se consiguió, en primer lugar, visualizar la estratigrafía en 3D a escala real. De esta forma, la cartografía de la estratigrafía solutrense de las cuevas de La Lluera, nos permite, toda una gama de posibilidades: visualizar, en 3D y en tiempo real, cualquier detalle del registro arqueológico; tomar medidas; en un futuro, quizás, sea posible su visualización en el yacimiento mediante realidad aumentada; etc.

A continuación, yendo de techo a muro, se presenta la estratigrafía solutrense de F16 y G16 (Fig. 3), que está a menos de un metro de los grabados de la entrada izquierda de la cueva de La Lluera I. En blanco: un nivel de cantos estéril arqueológicamente. En gris con rayas horizontales negras bien separadas entre sí: un nivel arqueológicamente fértil asignado al Solutrense Superior. En blanco: un nivel de óxido de manganeso. En gris con rayas horizontales blancas y negras bien juntas entre sí: un nivel arqueológicamente



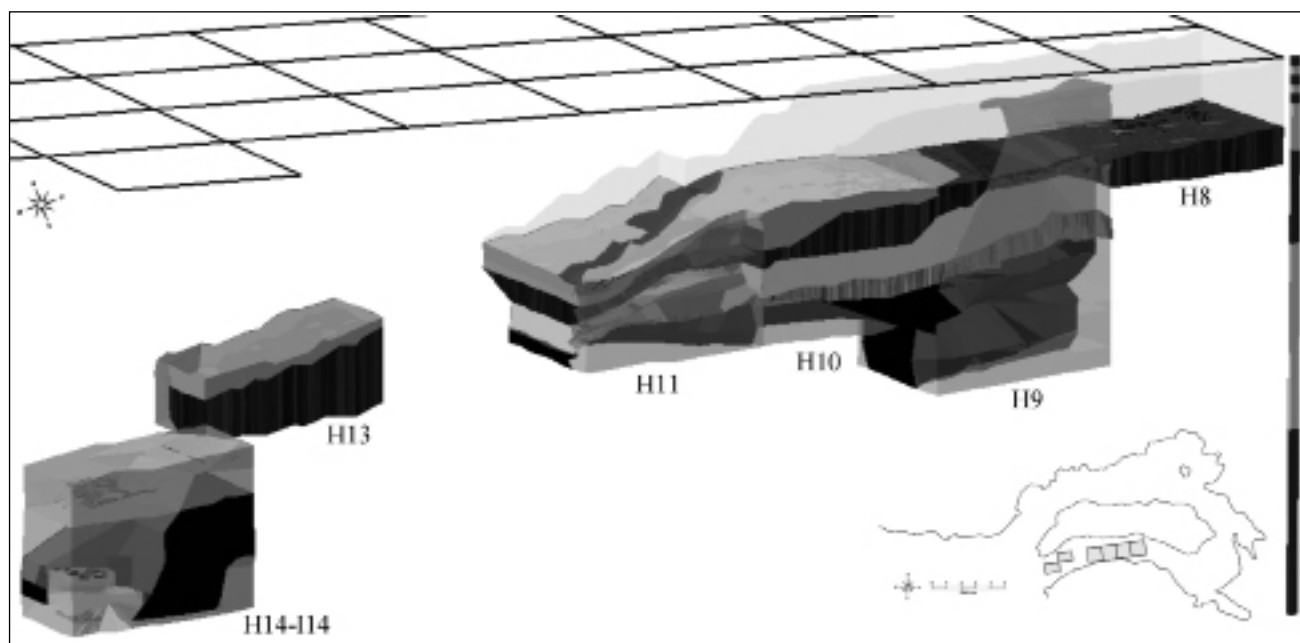
▲ FIGURA 3. Estratigrafía a escala real (en gris difuminado niveles Azilienses y Magdalenienses). Escala: 2 m de altura.

fértil asignado al Solutrense superior. En blanco: un nivel de gravillas estéril arqueológicamente. En negro: un nivel de cantos también estéril arqueológicamente. En gris oscuro con rayas horizontales bien juntas entre sí: un nivel fértil arqueológicamente asignado al Solutrense superior. En blanco: un nivel de cantos incrustados en el suelo de la cueva, prueba de diversas inundaciones en la cueva provocadas por el río Nalón. Los niveles fértiles arqueológicamente de F16 y G16 se corresponden con los niveles VI y VII del cuadro H9. Téngase en cuenta que el cuadro H9, se toma como estratigrafía base de todo el yacimiento (Rodríguez Asensio *et al.* en este volumen).

En la Fig. 4, se puede observar la zona de la excavación de los estratos solutrenses de H8, H9, H10, H11, H13, H14 e I14. Brevemente, presentamos la secuencia yendo de techo a muro. En gris claro y transparente: el suelo de la cueva. En gris, el nivel V, es estéril arqueológicamente. En negro, con rayas horizontales: nivel VI. En blanco: nivel VII. En gris con rayas horizontales: nivel VIII. En negro: nivel IX. En gris, en la base del estrato IX hay un nivel de gravillas que se incrusta en el suelo de la cueva, prueba de diversas inundaciones en la cueva provocadas por el río Nalón. Los estratos V, VI y VII corresponden al Solutrense superior. Los estratos VI y VII

son muy fértiles arqueológicamente. El estrato VIII pertenece al Solutrense medio-final. Difuminado, en gris muy claro, están los estratos superiores pertenecientes a momentos anteriores, concretamente al Magdaleniense y al Aziliense (Rodríguez Asensio *et al.* 2013).

Con este proceso de simulación, se consigue, en segundo lugar, georeferenciar todas las piezas solutrenses en sus coordenadas geográficas. Durante los años comprendidos entre 1980 y 1988, se realizaron las excavaciones arqueológicas de las cuevas de La Lluera (Rodríguez Asensio 1990). Partiendo de un punto cero, situado en un lugar visible de la cueva de La Lluera I, una placa metálica en la verja, se estableció una cuadrícula donde cada cuadro medía 1x1 metro. A su vez, se dividió cada cuadro en 9 subcuadros individuales de 33x33 centímetros. Gracias a ello, y tomando como referente el punto cero, los arqueólogos tomaron medidas de cada hallazgo en sus coordenadas arqueológicas. Tomando como referente el punto cero arqueológico (coordenadas geográficas X= 262307,292; Y= 4802390,150 y Z=100,670 UTM European Datum 1950) se procedió a la transformación matemática de las coordenadas arqueológicas en coordenadas geográficas. Somos plenamente conscientes, qué desde el año 2007 se ha implantado en España



▲ FIGURA 4. Estratigrafía a escala real (en gris difuminado niveles Azilienses y Magdalenenses). Escala: 3 m de altura.

el sistema de referencia geodésico ETRS-89 (Sistema de Referencia Terrestre Europeo), en convivencia hasta el año 2015 con el UTM European Datum 1950. Lógicamente, el sistema de referencia geodésico en el que haya sido tomada la cartografía manda; no obstante, una vez llegada esa fecha, se realizarán las modificaciones necesarias en el SIG para adaptar cartografía y datos al sistema de referencia geodésico ETRS-89. Todo este proceso de georeferenciación permitirá todo tipo de estudios espaciales. De sobra es conocida, la potencialidad de los SIG a la hora resolver todo tipo de estudios espaciales tanto geológica como arqueológicamente (Hodder y Orton 1976; Baena *et al.* 1999; Conelly y Lake 2009).

En Fig. 4, en los cuadros H10 y H11 se ve una surgencia que va a acanalándose en el estrato V. Se visualizan también los suelos geológicos. Desde el punto de vista arqueológico es un estrato estéril y se enmarca dentro del Solutrense superior (Rodríguez Asensio *et al.* en este volumen).

Este proceso de simulación, en tercer lugar, permitió establecer previsiones para futuras excavaciones, basándonos tanto en la potencia estratigráfica como en los procesos geológicos. Principalmente se hizo generando modelos virtuales mediante el cálculo de las pendientes.

Casi todos los SIG traen funciones capaces de realizar el cálculo de las pendientes. Para ello, hay que tener en cuenta dos conceptos: pendiente o *slope* (expresado en grados de inclinación sobre la horizontal o en porcentajes) y orientación de la pendiente. Todo ello, es sostenido matemáticamente como el método de Horn (Burrough y McDonnell 1998).

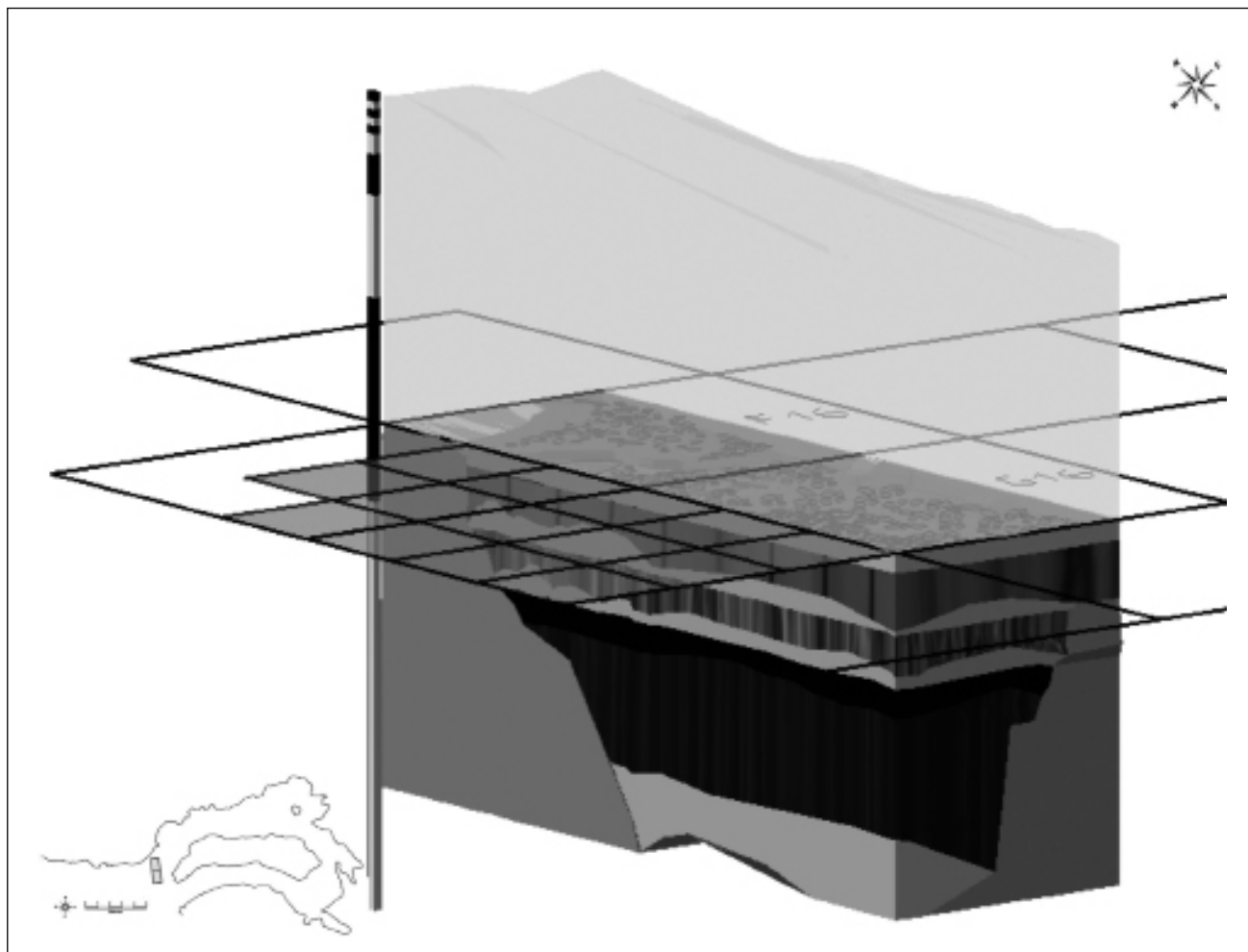
En ArGIS, mediante el siguiente procedimiento, se pueden realizar modelos virtuales que permiten el cálculo de pendientes. Con los datos de la excavación se realizó un mo-

delo digital del terreno de techo y muro de cada estrato. Cada uno de ellos se transformó en un ráster. Individualmente se le hizo el cálculo de las pendientes aplicando la función Pendiente (Slope). Dicha función se encuentra dentro de las herramientas de análisis en 3D que nos proporciona el ráster. Se optó porque nos lo expresara en porcentajes. Se consigue con ello, tener los datos de las pendientes en la parte superior e inferior de cada estrato. A cada uno de ellos, se le calcularon los valores medios de las pendientes. Posteriormente, a cada ráster se le seleccionó estos valores medios mediante la función Reclasificar (se halla dentro del apartado de los análisis espaciales). De esta manera, se consiguió generar un modelo virtual en 3D de la pendiente media de techo y muro de cada estrato, y con ello, se aprecia de manera precisa por dónde va cada estrato no excavado del cuadro siguiente.

5. CONCLUSIONES

Un primer ejemplo, es la estratigrafía solutrense de los cuadros F16 y G16 (Fig. 5). Difuminado, se presentan los subcuadros que serían más fértiles en los niveles solutrenses. Se trata de todos los subcuadros de G17, debido a su potencia estratigráfica, y de 5 subcuadros de F17. En este último caso, no sólo tiene que ver la potencia estratigráfica, sino que el suelo de la cueva actúa como fondo de saco de los procesos geológicos, lo que haría que el número de piezas solutrenses fuera sensiblemente superior.

Un segundo ejemplo, es la estratigrafía solutrense de los cuadros H13, H14-I14 y H11 (Fig. 6; véase también a modo de apoyo la Fig. 4). En el cuadro H13 se ha encontrado en el nivel VI una estructura antrópica que interpretamos como un hogar, y se enmarca como perteneciente al Solutrense



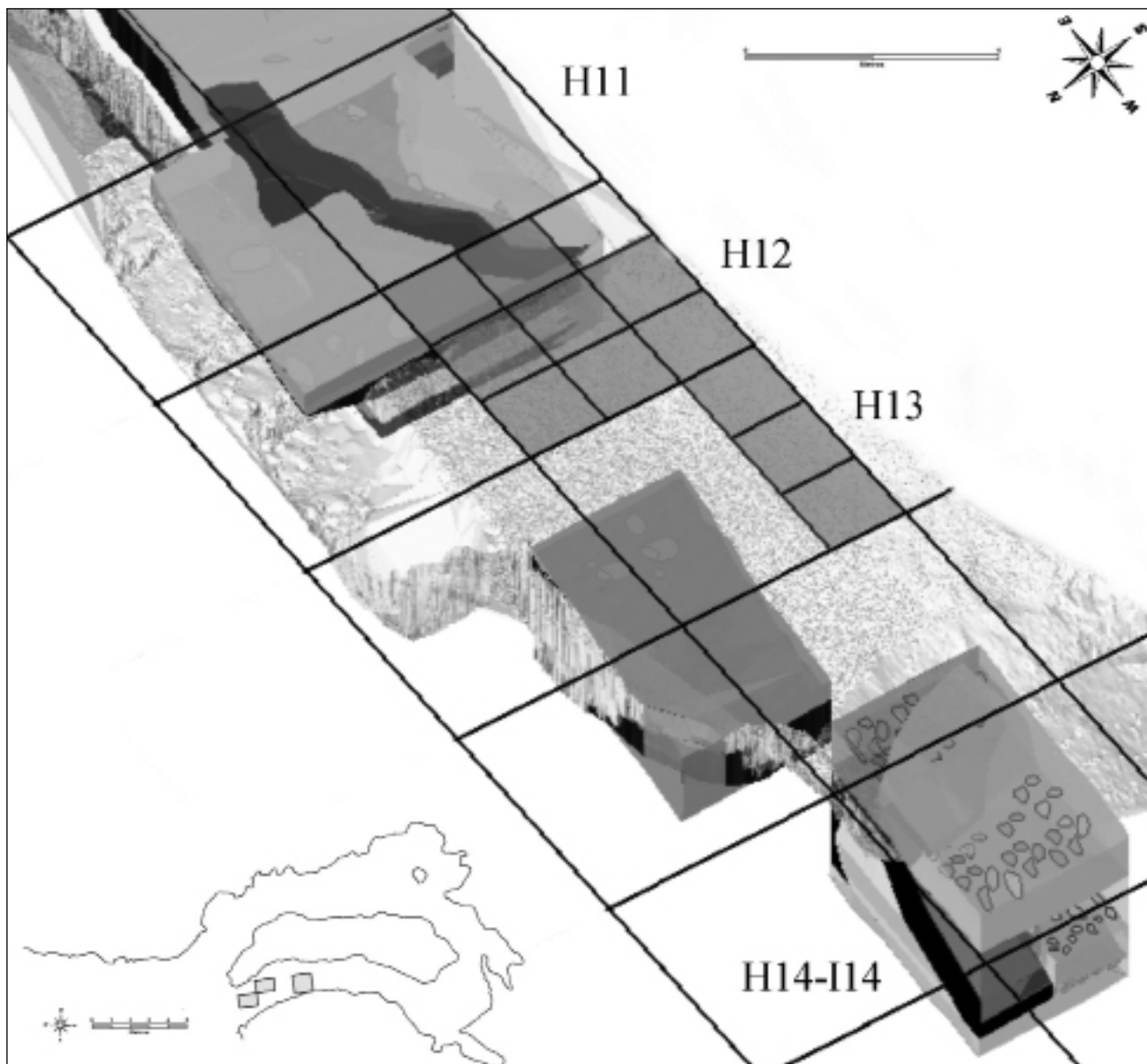
▲ FIGURA 5. Previsión de futuras excavaciones sacada del SIG en 3D (cuadros F16 y G16). Difuminado en gris niveles superiores: Azilienses y Magdalenienses. Subcuadros difuminados en gris: áreas con gran potencial arqueológico de cara a futuras excavaciones. Escala: 2 m de altura.

superior (Rodríguez Asensio *et al.* en este volumen). Lógicamente, conviene excavar esta zona. Ahora bien, gracias a haber generado modelos virtuales mediante el cálculo de las pendientes de los niveles arqueológicos, se puede afirmar que nos vamos a encontrar con unos niveles muy fértiles en los estratos VI y VII, concretamente en los subcuadros que quedan por excavar en H13 y en H12 (véase Fig. 6, subcuadros que están difuminados en gris). En dichos subcuadros, el estrato VIII irá a menos hasta prácticamente convertirse en mínimo. Otro dato importante, es que el suelo de la cueva en H11 avanzará por un subcuadro de H12. Esto hace, que en esta previsión aparezca sin difuminar, y no aparezca como fértil. Igualmente, teniendo en cuenta el avance de fuera a dentro del suelo de la cueva en H13 y H14, nos lleva a desechar la posibilidad de excavar más subcuadros en H14.

Un tercer ejemplo, es la estratigrafía solutrense de los cuadros H8, H9, H10 y H11 (Fig. 7). En toda esta secuencia estratigráfica se encuentran los niveles más fértiles en piezas líticas, fauna y arte mueble. Téngase también en cuenta, que la estratigrafía más completa, la que se toma como referen-

cia pertenece al cuadro H9 (Rodríguez Asensio *et al.* 2013). Hablamos del cuadro que llega hasta el suelo de la cueva (véase Fig. 8). Por lo tanto, en futuras excavaciones es muy recomendable ampliar en extensión la zona excavada. Ahora bien, basándonos en la potencia estratigráfica, los modelos virtuales generados mediante el cálculo de las pendientes de los niveles arqueológicos y por dónde avanza el suelo de la cueva, si hay que maximizar resultados es necesario que se excaven los subcuadros señalados de H8 y H7 (véase Fig. 7, están difuminados en gris). En estos dos cuadros, el suelo de la cueva (en gris) avanzará en extensión, de fuera a dentro, según vayamos bajando niveles. No hay más que fijarse en las paredes de la cueva que se ven a los lados.

Por otro lado, a la hora de presentar estos estudios somos plenamente conscientes, que toda excavación lleva implícitamente un componente de destrucción, y que el azar juega un papel importante en todo descubrimiento arqueológico. Por ello, estableciendo previsiones de áreas con gran potencial arqueológico a excavar, intentamos evitar ese componente de destrucción que toda excavación conlleva, y

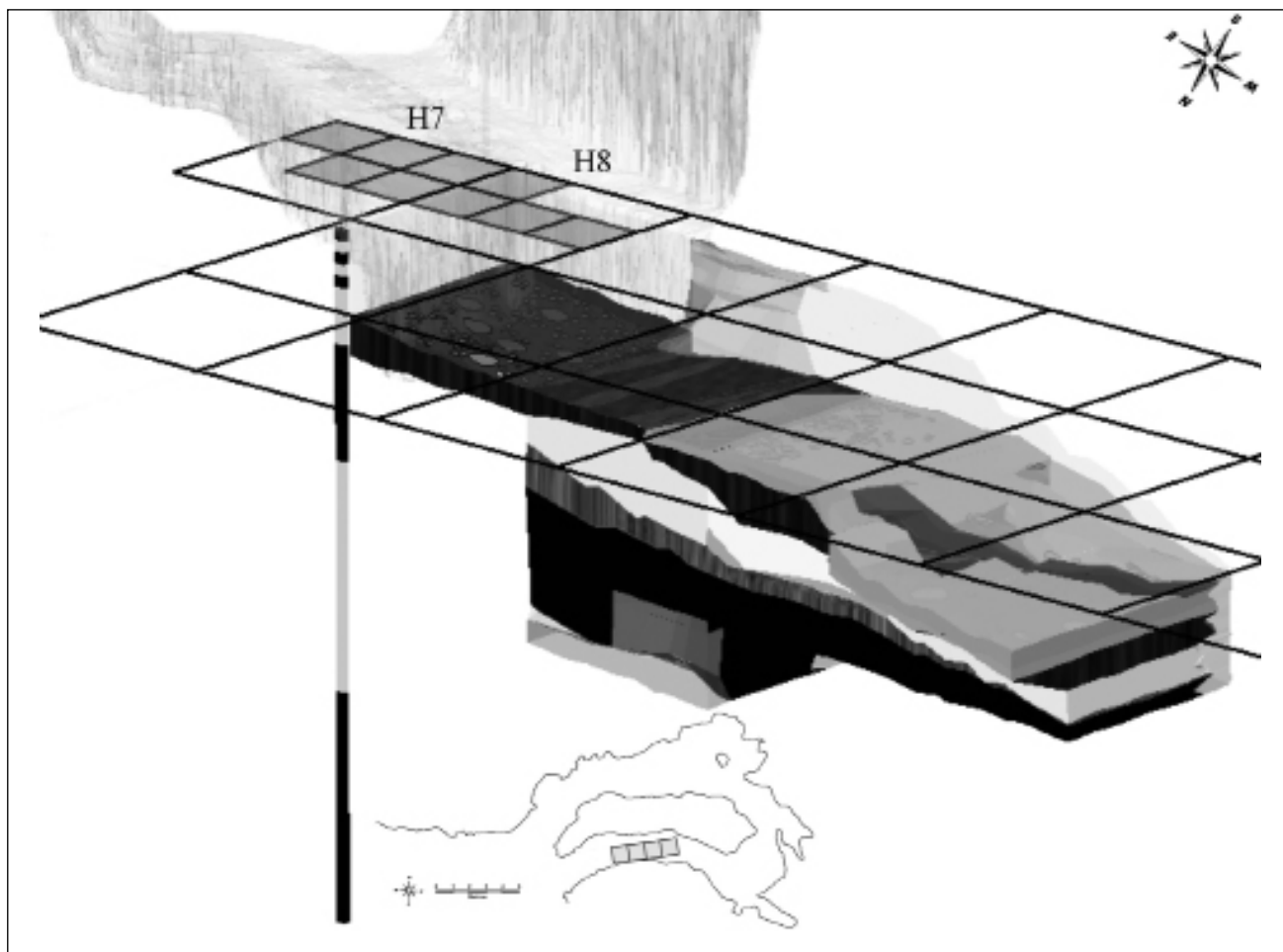


▲ FIGURA 6. Previsión de futuras excavaciones sacada del SIG en 3D (cuadros H13, H14-I14 y H11). Subcuadros difuminados en gris: áreas con gran potencial arqueológico de cara a futuras excavaciones.

por otro lado, dejar en manos del caprichoso azar el menor margen de probabilidad posible.

La finalidad de los modelos arqueológicos en 3D no debe ser sólo la reconstrucción del registro arqueológico, sino ayudarnos a entender el mismo (Barceló y Oriol 2009). Con esta intención, hemos elaborado la estratigrafía solutrense de las cuevas de La Lluera.

De esta manera, gracias a este proceso interactivo de restitución de la realidad arqueológica, validación de los datos y simulación, cuyo resultado es la realización mediante un SIG de una estratigrafía solutrense, constatamos que los SIG son la herramienta adecuada para abordar interdisciplinariamente el estudio de las cuevas de La Lluera. •



▲ FIGURA 7. Previsión de futuras excavaciones sacada del SIG en 3D (cuadros H8, H9, H10 y H11). Subcuadros difuminados en gris: áreas con gran potencial arqueológico de cara a futuras excavaciones. Escala: 3 m de altura.

BIBLIOGRAFÍA

- BAENA PREYSLER, J. y RÍOS MENDOZA, P. 2006: "Realidad y abstracción: límites de la integración de datos en los SIG". En I. Grau Mira (eds.): *La aplicación de los SIG en la Arqueología del paisaje*. Publicaciones Universidad de Alicante. Alicante: 15-28.
- BAENA PREYSLER, J., BLASCO BOSQUED, C. y QUESADA SANZ, F. 1999: *Los S.I.G. y el análisis espacial en Arqueología*. Ediciones UAM. Madrid.
- BARCELÓ, J. A. y ORIOL, V. 2009: "Qué hacer con un modelo arqueológico virtual. Aplicaciones de la inteligencia artificial en visualización científica". *Actas I Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación*, II. Sevilla: 93-97.
- BURROUGH, P. A. y MCDONNELL, R. 1998: *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. Oxford.
- CORCHÓN RODRÍGUEZ, M. S., GONZÁLEZ AGUILERA, D., MUÑOZ NIETO, A. L., GÓMEZ LAHOZ, J. y SABAS HERRERO, J. 2009: "Documentación, modelado y reconstrucción en 3D de la cueva de Las Caldas (Asturias, España). El yacimiento y el arte parietal". *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 2003-2006*. Ediciones Trabe y Gobierno del Principado de Asturias. Oviedo: 355-366.
- CONNELLY, J. y LAKE, M. 2009: *Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Arqueología*. Ediciones Bellaterra S. L. Barcelona.
- FORTE, M. 2009: "Cyber-Arqueology: Notes of simulation of the past". *Actas I Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación*, I. Sevilla: 21-32.
- FORTE PÉREZ, J. 1989: "Cuevas de la Lluera. Avance al estudio de sus artes parietales" en *Cien Años después de Sautuola*. Consejería de Cultura, Educación y Deporte. Diputación Regional de Cantabria. Santander: 188-202.
- 1990: "Cuevas de la Lluera. Informe sobre los trabajos referentes a sus artes parietales". *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 1983-1986*. Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias. Oviedo: 19-28.
- FRISCHER, B. 2009: "Art and Science in the age of digital reproduction: from mimesis to virtual reality". *Actas I Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación*, I. Sevilla: 33-48.
- HODDER, I. y ORTON, C. 1976: *Análisis espacial en Arqueología*. Ed. Crítica Barcelona.
- DENARD, H. (ed.) 2009: *The London Charter for the Computer-based Visualization of Cultural Heritage*. King's College. London.
- MALAURENT, P., BRUNET, J., LACANETTE, D. y CALTAGIRONE, J. P. 2007: "Contribution of numerical modelling of environmental parameters to the conservation of prehistoric cave paintings: the example of Lascaux Cave". *Conservation and Management of Archaeological Sites* 8: 59-76.
- MARCOS SÁIZ, F. J. 2009: "SIG y paisajes virtuales en 3D. Posibilidades de divulgación de la Prehistoria reciente de la Sierra de Atapuerca". *Actas I Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación*, IV. Sevilla: 244-249.

- MARÍN ARROYO, A. B. 2005: "Aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) al estudio arqueozoológico-tafonómico de la cueva de la Fragua (Santoña, Cantabria)". *Complutum* 16: 73-87.
- PLETINCK, D. 2009: "Virtual Archeology as an integred preservation method". *Actas I Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación*, I. Sevilla: 49-56.
- RODRÍGUEZ ASENSIO, J. A. 1990: "Excavaciones Arqueológicas realizadas en la cueva de la Lluera (San Juan de Priorio, Oviedo)". *Excavaciones Arqueológicas en Asturias 1983-1986*. Servicio de Publicaciones del Principado de Asturias. Oviedo: 15-17.
- SEBASTIÁN LÓPEZ, M., URIARTE GONZÁLEZ, A., ANGÁS PAJAS, J. y MARTÍNEZ-BEA, M. 2009: "Documentación sistemática del arte rupestre mediante el análisis espectral del escaneado 3D de las estaciones pintadas en Aragón. El caso concreto del abrigo de La Vacada (Castellote, Teruel) y el covacho del Plano del Pulido (Caspé, Zaragoza). España". *Actas I Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación*, IV. Sevilla: 189-194.
- SOLUCIONES 3D TOPOGRAFÍA DE ALTA DEFINICIÓN 2008: "Informe del levantamiento topográfico de la cueva de la Lluera I". Consejería de Cultura y Turismo del Principado de Asturias. Oviedo (inédito).
- STAR, J. y ESTES, J. 1990: *Geographic Information System, An Introduction*. Ed. Prentice Hall. New Jersey.
- TOMLINSON, R. y MOUNSEY, H. 1988: *Building Databases for Global science*. Taylor and Francis Ltd. Londres.
- VERGNIEUX, R. 2009: "Archeological research and 3D models (Restitution, validation and simulation). L'usage scientifique des modèles 3D en Archéologie. De la validation à la simulation". *Actas I Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación*, I. Sevilla: 59-62.