

A Digital Twin for the Monastery of Sant Genís de Rocafort, Martorell, Barcelona: Experiences in Research and Dissemination (Un gemelo digital para el Monasterio de Sant Genís de Rocafort. Martorell, Barcelona: Experiencias de Investigación y Divulgación)

Isidre
Ot Padilla
Virtual Past,
Spain
i.otpadilla@hotmail.com
0000-0002-2043-0767

Esther
Travé Allepuz
Universitat de Barcelona,
Spain
esther.trave@ub.edu
0000-0002-6769-4487

Pablo
Del Fresno Bernal
Sistemes de Gestió de
Patrimoni SCCL, Spain
pdf.sgp@gmail.com
0000-0001-8775-9113

Josep
Socorregut Domènech
Sistemes de Gestió de
Patrimoni SCCL, Spain
josepsoco@gmail.com
0000-0003-1234-7223

Received: February 10, 2025

Accepted: May 23, 2025

Abstract

The Monastery of Sant Genís de Rocafort (Martorell, Barcelona) has been the subject of archaeological excavation for over a decade. This work has uncovered Romanesque structures and some earlier elements, significantly enhancing our understanding of this monument, which is listed as a BCIN (Cultural Asset of National Interest), and its history. However, the site's location and accessibility challenges have limited the opportunity for certain audiences to visit and learn about it. In this context, the research team has developed a digital twin of the monastery, a three-dimensional recreation that offers significant potential both for heritage dissemination and basic archaeological research. This project has enabled precise documentation of the structures and created an accessible resource that brings the monastery to a wide range of audiences while also allowing us to experiment with different reconstruction hypotheses. The process of creating the digital twin has raised a series of methodological and conceptual challenges, such as the selection of technological tools and decisions about how to present the site's narrative. This article reflects on the experience gained throughout this process, exploring the implications of these decisions for both archaeological research and cultural dissemination.

Key words *3D Documentation; Virtual Reconstruction; Archaeology; Built Heritage; Middle Ages*

El Monasterio de Sant Genís de Rocafort (Martorell, Barcelona) ha sido objeto de excavación arqueológica desde hace más de una década. Los trabajos han puesto al descubierto las estructuras románicas y algunos elementos previos a su construcción que han incrementado significativamente el conocimiento que tenemos sobre este monumento catalogado como BCIN y de su historia. Sin embargo, las condiciones de acceso del yacimiento y su situación han limitado la posibilidad de que una parte del público general lo visite y conozca. En este contexto, el equipo de investigación ha desarrollado un gemelo digital del monasterio, una recreación tridimensional que ofrece un gran potencial para la divulgación del patrimonio y la investigación arqueológica de base. Este proyecto ha permitido documentar las estructuras de forma precisa, crear un recurso accesible que pone el monasterio al alcance de audiencias muy diversas y que nos debe permitir experimentar con distintas hipótesis de reconstrucción. El proceso de creación del gemelo digital ha planteado una serie de desafíos metodológicos y conceptuales, como la selección de herramientas tecnológicas o las decisiones sobre cómo presentar la narrativa del lugar. Este artículo presenta reflexiones sobre la experiencia acumulada durante este proceso, explorando las implicaciones de estas decisiones tanto para la investigación arqueológica como para la difusión cultural.

Palabras clave *Documentación tridimensional, Reconstrucción virtual, Arqueología, Patrimonio edificado, Edad Media*

1. Introducción

A lo largo de 2024 se ha llevado a cabo un proyecto que tenía por objetivo la generación de un recurso digital que —con carácter inmersivo— facilitara la accesibilidad a un bien patrimonial de primer orden, y su conocimiento y puesta en valor para un público amplio. Nos referimos al monasterio de Sant Genís de Rocafort (Martorell, Barcelona), situado en lo alto de una colina que preside el principal lugar de paso entre la ciudad de Barcelona y las tierras interiores de Cataluña, siguiendo el itinerario de la antigua Via Augusta. A través de un estrecho congosto en la Cordillera Litoral por el que discurren las principales vías de comunicación entre Barcelona y la Cataluña central, el municipio de Martorell se abre hacia la comarca del Penedès en la confluencia entre los ríos Llobregat y Anoia. Lo que hoy en día es un denso nodo en la red de carreteras y vías férreas conserva afortunadamente algunos de los vestigios del paisaje medieval y, en particular, algunos elementos que nos permiten investigar su configuración en tiempos pasados, cuando la antigua iglesia de Santa Margarida y el Monasterio de Sant Genís de Rocafort se configuraron como elementos articuladores de un priorato fundado a principios del siglo XI (Baucells Reig, 2007) (**Figura 1. Mapa de situación**).

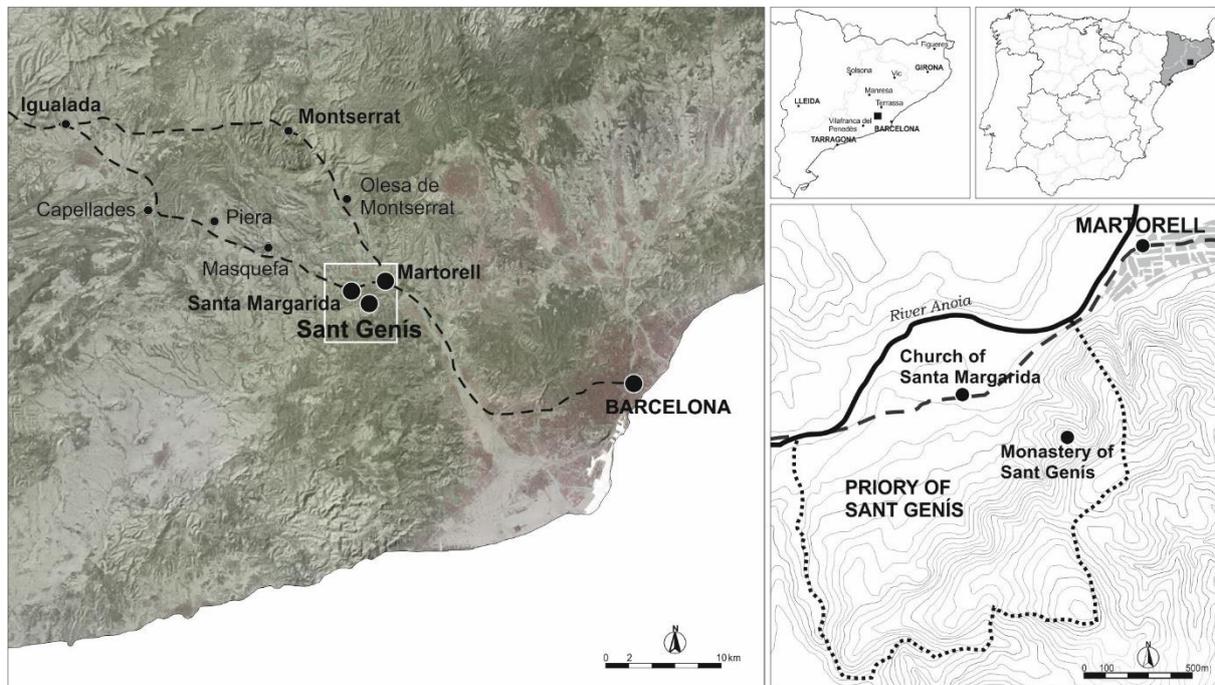


Figura 1. Mapa de situación del monasterio de Sant Genís en relación con el territorio del priorato, las principales vías de circulación y su ubicación en Cataluña y la Península Ibérica. Base cartográfica basada en datos LiDAR proporcionados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

El monasterio constituye un yacimiento arqueológico excavado desde 2010 y, de manera ininterrumpida desde 2014, del cual sólo se conocía la iglesia situada en el punto más alto de una pequeña colina a 201 m sobre el nivel del mar. Los trabajos de excavación posteriores dieron a conocer la complejidad estructural de un complejo bastante mayor de lo que se conocía, con dependencias monásticas de diversa índole que quedaban resguardadas por una muralla que cercaba el promontorio en su parte superior. Después de una década de trabajos arqueológicos, existían numerosas razones que reclamaban una solución digital para la preservación de un monumento fuertemente expuesto a la

erosión por razones atmosféricas y climáticas, sin menoscabar la incidencia que a lo largo del siglo XX tuvo en él la acción antrópica.

En este trabajo presentamos algunas reflexiones surgidas a tenor de la elaboración de un gemelo digital del monasterio y su explotación posterior, todavía en curso, acerca de los criterios científicos que han motivado la toma de decisiones y, por ende, los resultados obtenidos. El gemelo digital de Sant Genís supone en sí mismo un elemento patrimonial de primer orden que nos permite llegar a un público amplio, explorar nuevos lenguajes de comunicación sin comprometer el rigor de la investigación científica.

2. El yacimiento y su estudio: contexto y metodología

Al iniciar los trabajos, del monasterio de Sant Genís de Rocafort sólo se conocía la iglesia situada en el punto más alto de una pequeña colina a 201 m sobre el nivel del mar en la que se distinguen hasta tres terrazas sucesivas que escalonan su orografía. El bien había sido declarado BCIN en 1949 por circunstancias fortuitas: Cuando en aquel año se reconoció en el catálogo de bienes culturales de interés nacional a todos los castillos del territorio, Sant Genís de Rocafort, que entonces era conocido como tal, se benefició de dicha protección. La investigación posterior (Pladevall, 1970) certificó a partir de los años 1970 que el conocido como Castillo de Rocafort, erróneamente atribuido a los templarios en algunas fuentes (Clopas, 1945), no era tal, sino que se trataba de un monasterio de obediencia benedictina dotado en 1042 por los señores de Castellvell, en el contexto de formación de las estructuras feudales. Pese a su elevado grado de protección, el edificio permanecía en un estado de conservación muy precario a principios de este siglo y amenazaba ruina, lo que propició la redacción de un plan director y el inicio de los trabajos de recuperación. La estructura de la iglesia, cuyo ábside había sido víctima de una voladura controlada para su explotación como cantera, fue consolidada en la parte superior para frenar la abertura progresiva de los muros laterales, que hubiera culminado en su hundimiento.

2.1. La excavación arqueológica del complejo monástico

Consolidado el edificio principal los trabajos arqueológicos se centraron en las tres terrazas circundantes que definen un espacio a distintos niveles que define un recinto delimitado por una muralla. Sobre la terraza superior, se eleva la iglesia, situada en el área norte de la terraza y al sur, adosado a la pared meridional, un claustro de forma poligonal se adapta a la morfología de la colina. Desde el claustro, una imponente escalinata monumental da acceso a los edificios de la terraza intermedia y al piso superior de los de la terraza inferior. A tenor de los restos arqueológicos recuperados, la terraza inferior habría albergado un complejo edificado a dos niveles: una planta baja a nivel de circulación de la terraza y un piso superior cuyo nivel de circulación se sitúa a la altura de la terraza intermedia, desde la que se accede a dicho espacio superior (**Figura 2. El conjunto arqueológico**).



Figura 2. El conjunto arqueológico

Vistas de la fachada norte con la muralla delimitando el recinto (izquierda), de la fachada oeste (centro) y de las dependencias monásticas sobre la terraza intermedia (derecha).

Fotografías: Centre d'Estudis Martorellencs.

En la terraza intermedia, tres habitaciones se distribuyen exclusivamente sobre la vertiente sur, puesto que el espacio de circulación de dicha terraza al norte es especialmente limitado. De estas tres habitaciones, los restos hallados en la habitación central nos permiten sugerir con cierta seguridad su función como cocina monástica. La presencia de un hogar de cierta envergadura y de los restos de una pila para el lavado y trasiego de productos, así como algunas canalizaciones de desagüe sugieren dichos usos de carácter funcional. Los restos más parcos, con evidencias de algunos artefactos metálicos, entre ellos una herradura, nos lleva a sugerir que la habitación situada al este habría tenido posibles funciones de almacén. Desconocemos el uso que la comunidad dio a la habitación occidental, que es algo más suntuosa que las demás, con una escalera propia de acceso desde la terraza superior y paredes encaladas.

Los restos de la terraza inferior se conservan de forma muy precaria, dada la intensa explotación del espacio como cantera. Los resultados obtenidos hasta ahora apuntan que probablemente el espacio norte de esta terraza inferior fuera un espacio muy poco edificado. Al norte, los sondeos realizados han dado a conocer los rasgos constructivos de la muralla y la existencia de una habitación —la única conocida en esta área— en el extremo oriental. Esta habitación adosada a la muralla con un acceso situado al noroeste, presenta restos de una pavimentación que permiten suponer la existencia de un enlosado. En la zona sur de ésta, la vertiente rocosa muestra los restos de intensos trabajos de labra, que definen un conjunto de encajes, recortes y mechinales que nos permiten interpretar la existencia de los niveles superiores. No es objeto de este trabajo ofrecer una descripción excesivamente pormenorizada de las estructuras, que han sido objeto de publicaciones anteriores (Del Fresno Bernal, Socorregut Domènech, et al., 2023; Travé Allepuz et al., 2021, 2025).

2.2. Metodología y modelado tridimensional

El punto de partida para la generación de recursos digitales de investigación y difusión era la obtención de un gemelo digital del yacimiento al completo, es decir, de todo el recinto edificado sobre la colina y delimitado por la muralla. Para ello se han empleado dos métodos de captura de datos y digitalización combinados: el escaneo laser y la fotogrametría. Para el primero de ellos se utilizó un escáner Leica RTC360, y supone un sistema de digitalización activo capaz de capturar 2M de puntos por segundo (pps) con una precisión de entre 2 y 3mm. Nuestro criterio de base fue el de capturar lo

máximo posible de la geometría del monumento mediante este sistema, dada la elevada precisión que ofrece. De forma complementaria, la fotogrametría es un sistema de digitalización pasiva basado en la tecnología conocida como *Structure for Motion* (SfM), capaz de estimar y procesar una geometría o volumen tridimensional a partir de un conjunto de imágenes bidimensionales. De este modo, identificando puntos de referencia similares en imágenes contiguas se triangula la posición de las cámaras entre sí tejiendo una red nodal entre ellas que proporciona una nube de puntos que puede ser mallada y texturizada.

Ambos sistemas, por separado, constituyen en sí mismos métodos óptimos para la captura y elaboración de modelos tridimensionales. Sin embargo, la combinación de ambos es una práctica cada vez más extendida, especialmente en el ámbito de la digitalización de patrimonio cultural, puesto que maximiza los puntos fuertes de ambos y compensa sus debilidades potenciales. Así, mediante la captura activa —extremadamente precisa en la reconstrucción de las dimensiones y morfología del conjunto— se construye el conjunto de datos a partir de la cual realizar la malla del modelo y mediante la captura fotogramétrica se reconstruyen aquellos puntos no alcanzados mediante el láser (especialmente zonas más elevadas) y, sobre todo, aporta textura y características visuales fotorrealistas que permiten construir una representación fidedigna de la realidad.

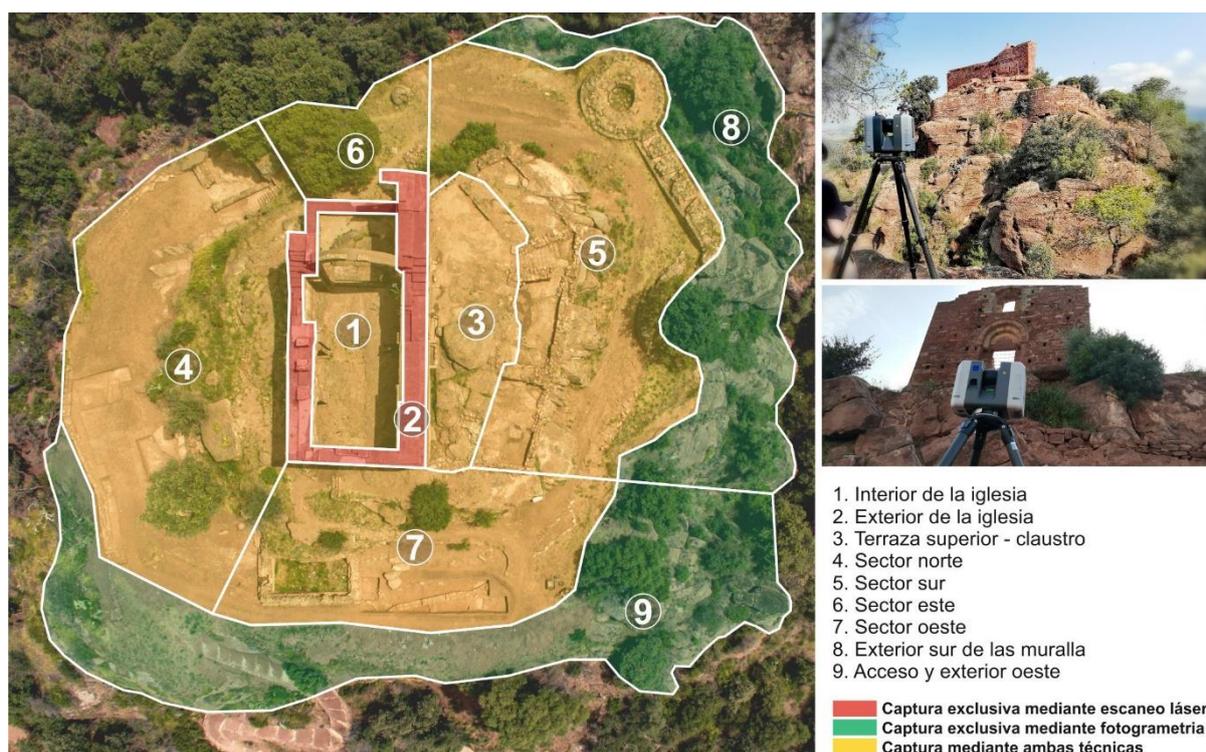


Figura 3. Sectorización y captura

Definición de nueve zonas de trabajo, siete de las cuales combinan ambas técnicas. El exterior de la iglesia constituye una zona de captura para el escaneo láser, pero su fotogrametría queda incluida en el resto de zonas.

Dadas las dimensiones del conjunto a documentar, que se extiende en una superficie aproximada de 4200m² se decidió sectorizar el conjunto en nueve áreas de captura de datos, de las cuales siete fueron objeto de una doble lectura mediante el escaneo láser y el barrido fotográfico y las dos restantes

sólo se documentaron mediante la fotogrametría, dada la imposibilidad de acceder a ellas con el escáner o la escasez de restos arqueológicos (**Figura 3. Sectorización y captura**). La sectorización tenía un objetivo doble: por un lado, asegurar una correcta captura del conjunto completo ya que los trabajos de documentación se llevaron a cabo durante varios días y, por otro, facilitar los trabajos de alineación del conjunto de datos al software de fotogrametría de manera fragmentada (Ot Padilla & Mauri Martí, 2024) (**Figura 4. Diagrama de procesado por sectores**). Ello posibilita aligerar la carga de los trabajos de procesado y actualizar las distintas partes del modelo a medida que avancen los trabajos de investigación, sin necesidad de afectar o procesar de nuevo todo el conjunto. Al final del proceso de captura de datos, contamos con cerca de 200 estacionamientos de escaneo láser y alrededor de 4000 imágenes del conjunto. La información fue procesada mediante la aplicación de software Reality Capture en su versión 1.4.3 (**Figura 5. Procesado de datos**).

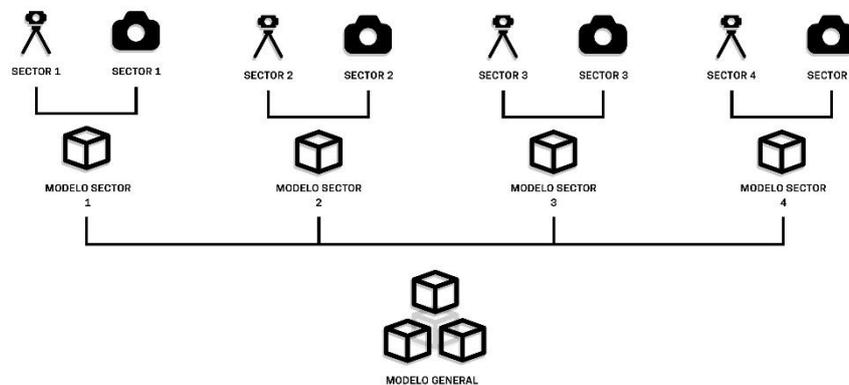


Figura 4. Diagrama de procesado por sectores

El diagrama muestra el método de captura (escaneo láser y fotogrametría) por sectores y el uso de los datos para la generación de modelos también sectoriales a partir de los cuales se genera el modelo general.

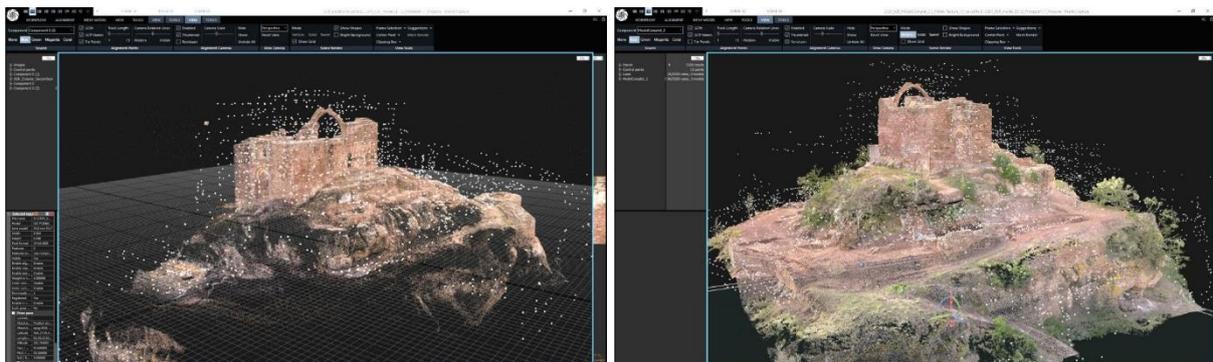


Figura 5. Procesado de datos

Construcción del modelo digital en la interfaz de uso de Reality Capture 1.4.3 al principio del proceso (izquierda) y próximo a su finalización (derecha).

3. Resultados: un gemelo digital del monasterio de Sant Genís de Rocafort

En este apartado introducimos brevemente las características del gemelo digital de Sant Genís de Rocafort, actualmente finalizado y accesible, así como algunas de las estrategias de explotación y difusión empleadas; elementos que discutiremos a partir de la experiencia de trabajo.

3.1. El modelo digital

La combinación de los trabajos de escaneo láser y fotogrametría realizados en el yacimiento de Sant Genís de Rocafort nos han permitido obtener un modelo digital que incluye todo el recinto documentado en el interior de la muralla así como el perímetro conservado y estructura de la misma. El modelo inicial, a partir de una malla de 4000M de polígonos ($4 \cdot 10^9$) que empleó preferentemente los datos de escaneo láser, fue reducido hasta conseguir un modelo de alta definición posteriormente texturizado a partir de los datos fotogramétricos. Dada la exhaustividad de la captura de datos y la riqueza de la documentación, la reducción del modelo maestro a un modelo de alta definición que incluye sólo un 6.25 % del volumen de polígonos inicial, hace que la diferencia visual de los resultados sea prácticamente inexistente. El gemelo resultante es un modelo de alta resolución del monasterio y su entorno circundante formado por 250M de polígonos y 149 texturas de 8k (8912 x 8912 píxeles) (Figura 6. Modelo digital).



Figura 6. Modelo digital
Distintas vistas según la interfaz de visualización de NIRA

Un modelo de este tipo habría sido imposible de visualizar hasta no hace mucho, pero el lanzamiento hace cinco años de la aplicación NIRA (Keissami et al., 2019) nos ha permitido recientemente alojar el modelo y posibilitar su accesibilidad desde cualquier dispositivo a través del enlace https://cemartorellencs.nira.app/a/D_PuyINLTuGI5rEJ3G8Vhw/1. El modelo alojado, de 233,6M de triángulos y 10 Gpx de textura, permite visualizar en gran detalle las estructuras conocidas tras completar los trabajos de excavación arqueológica de 2024, que dan por finalizada una primera fase

de intervenciones. Contar con este tipo de recursos en la red, supone un hito muy importante en la difusión de estas creaciones que, hasta hace muy poco, habían quedado relegadas al uso profesional interno que pudieran hacer de ellas los distintos equipos de investigación para trabajos de análisis o estudio, ante la inexistencia de plataformas suficientemente potentes como para gestionar tales volúmenes de información.

La primera fase, pues, de este proyecto de generación de un recurso de realidad virtual inmersiva, queda concluida con la publicación del gemelo digital que hemos dado a conocer. El proyecto, sin embargo, continua no sólo en la creación de dicho recurso, sino también en la exploración de las distintas vías de desarrollo futuro para ulteriores tareas de investigación, difusión y aprendizaje.

3.2. Difusión y usos posteriores

En base al objetivo principal del proyecto, en los últimos meses se ha creado un recurso de realidad virtual inmersiva que reproduce la experiencia de visita a una exposición que acompaña el monumento con un conjunto nutrido de información acerca de sus características, los trabajos arqueológicos realizados y su historia. No en vano, la institución promotora del proyecto es un centro de estudios local —el Centre d'Estudis Martorellencs— con sede en el municipio que tiene entre sus funciones principales la preservación, difusión y puesta en valor del patrimonio cultural del lugar. Por todo ello, el interés en la creación de este recurso pretendía ir algo más allá de una simple experiencia visual, para ofrecer un recurso con valor educativo y pedagógico como herramienta de socialización de un conocimiento que, mediante otras formas de difusión, corre el riesgo de quedar algo restringido a una audiencia meramente académica.

La propuesta resultante constituye una experiencia inmersiva que contempla tres escenarios conectados entre ellos: (1) una sala de exposición, (2) el interior de la iglesia monástica y (3) el espacio exterior, donde se sitúan las dependencias monásticas. La pequeña sala de exposición inicial es el primer nivel de acceso, a través del cual se puede observar el gemelo digital de Sant Genís que preside el recinto a modo de maqueta, con algunos puntos de información y algunos paneles que sintetizan la historia del conjunto, acompañados por algunos objetos recuperados en los trabajos de excavación. Desde este primer espacio, se accede al segundo nivel que se sitúa en el interior de la iglesia a escala real, y a través de la cual el visitante puede desplazarse libremente hacia distintos puntos de información, preferentemente en formato auditivo. Desde el interior de la iglesia, a través de la puerta lateral de acceso al claustro, el visitante accede al tercer nivel de la experiencia y puede circular libremente a través de las ruinas del complejo monástico, especialmente en la vertiente sur de la terraza intermedia, en donde se hallaron el mayor número de restos. De igual modo, la experiencia se completa mediante el acceso a distintos puntos de información que explican y proporcionan detalles acerca de los elementos más relevantes de las distintas dependencias excavadas (**Figura 7. Exposición VR**).

En su formato actual, la experiencia puede visualizarse como un recurso de realidad virtual que denominamos *standalone*, ya que se ejecuta directamente utilizando el procesador interno de unas gafas de realidad virtual, en nuestro caso, unas Meta Quest 3. En un primer momento, se valoró la posibilidad de exportar la experiencia para PC (PCVR). Este formato carga y ejecuta la experiencia

desde el propio ordenador, y utiliza las gafas de RV como pantalla o visor. Las bondades de este sistema son realmente numerosas, ya que la potencia del PC no es comparable a la del pequeño hardware con el que cuentan los dispositivos de visualización VR. A pesar de todo, nuestra opción final se inclinó por empaquetar y exportar el resultado a *standalone* por la libertad y autonomía que este formato proporciona a la experiencia. Lo cierto es que, dada la capacidad limitada del hardware, este sistema cuenta con algunas restricciones o limitaciones importantes que hay que tener en cuenta a la hora de generar el recurso inmersivo y que hemos tenido que considerar.

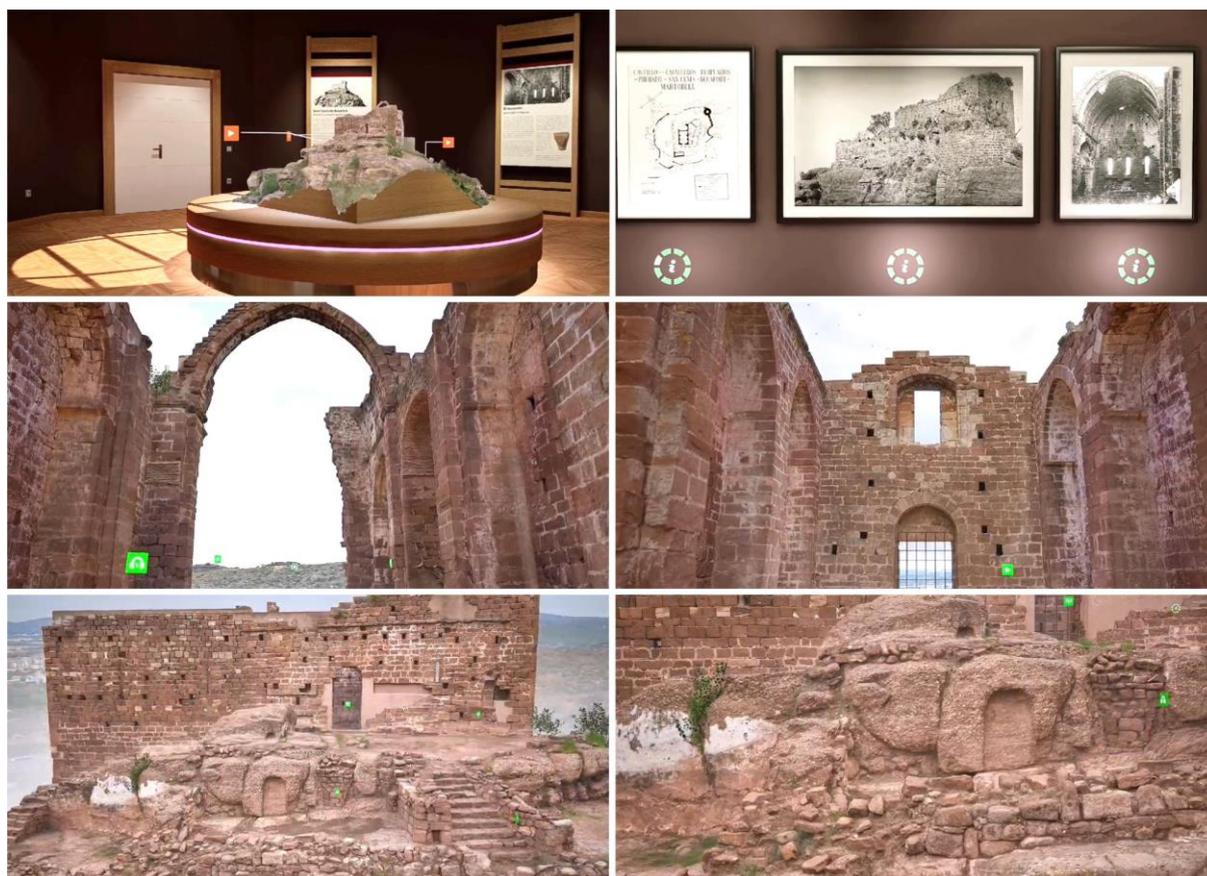


Figura 7. Exposición VR

Algunas imágenes relativas a los tres niveles inmersivos disponibles en la exposición virtual sobre Sant Genís creada por Virtual Past: Sala de exposición o primer nivel (arriba), interior de la iglesia o segundo nivel (centro) y dependencias monásticas al exterior de la fachada sur o tercer nivel de inmersión (debajo).

A nivel técnico, entre los aspectos a tener en cuenta a la hora de generar la experiencia inmersiva, la premisa era clara: debían optimizarse los modelos en pro de un funcionamiento eficiente del recurso. Para ello, se hizo necesario limitar el número de polígonos de la geometría a un número inferior al millón por nivel o escena creados. Del mismo modo, las texturas utilizadas no debían superar una resolución de 4k y había que fraccionar tanto el modelo como las escenas o niveles vinculados al mismo. De este modo, la información del modelo inicial correspondiente al exterior de la iglesia se omite, por ejemplo, en la visualización de la escena el interior del templo. Con todo esto, conseguimos reducir notablemente el número de polígonos y texturas (en más de un 75%) sin perjudicar excesivamente la calidad de la visualización final.

Otra de las prácticas recomendables que hemos llevado a cabo es la de fraccionar el propio modelo en diversas partes, que corresponden a diversos niveles, diferenciados por espacios, (**Figura 8. Fraccionado del modelo 3D**) a fin de optimizar su carga y visualización. Es más, esta práctica permite optimizar los recursos del dispositivo durante la misma ejecución de la experiencia, ya que, gracias a la tecnología de fragmentación, el propio motor de juego oculta los objetos o partes de la escena que no se están visualizando y mejora la velocidad de ejecución. El diseño de este recurso nos ha permitido garantizar una experiencia para todos los públicos que ha tenido gran acogida y cuyos materiales hemos puesto al alcance de todos (Travé Allepuz & Ot Padilla, 2025).



Figura 8. Fraccionado del modelo 3D

A fin de optimizar la carga y los recursos, los modelos virtuales de cada nivel se han fraccionado. En este caso, puede verse la geometría utilizada en el nivel interior de la iglesia, fraccionado en 10 partes (izquierda) y sus implicaciones en el diseño de escenarios VR (derecha).

4. Discusión: potencial y perspectivas de futuro

La experiencia de documentación tridimensional del yacimiento y la creación de un recurso de realidad virtual inmersiva ha supuesto un reto metodológico especialmente en la toma de decisiones que han acompañado todo el proceso. Sobre ello, nos parece adecuado discutir algunos puntos clave sobre la relevancia del proyecto en tres líneas distintas de actuación: el carácter propio de la documentación arqueológica, las posibilidades de ampliar significativamente el impacto de la investigación ante nuevos públicos y la posibilidad de hacer que los resultados obtenidos reviertan positivamente en la investigación de base.

4.1. Un elemento de valor patrimonial intrínseco: preservación y accesibilidad

La primera de estas cuestiones tiene que ver con la valoración que debe hacerse de este tipo de recursos desde una perspectiva puramente humanística o patrimonial: pensamos que la generación de gemelos digitales como el de Sant Genís de Rocafort constituyen elementos de valor patrimonial

intrínseco en tanto que garantizan la preservación y accesibilidad al monumento. Ya hemos mencionado anteriormente las vicisitudes históricas del edificio, cuyo ábside fue volado con dinamita a principios del siglo XX para su explotación ulterior como cantera. Obviamente, no esperamos que una agresión de este calado sobre el patrimonio se repita, pero en caso de que sucediera, contamos con una reproducción prácticamente perfecta en formato digital de la realidad conservada en 2024.

Quizás resulta inverosímil pensar en una destrucción deliberada del patrimonio, pero en una realidad como la actual, en la que el cambio climático ya ha alterado notablemente la frecuencia y virulencia de los fenómenos atmosféricos y naturales, no es descabellado pensar que, en los próximos años, la degradación por causas naturales de ciertos elementos patrimoniales pueda acelerarse. Por ello, parece recomendable desarrollar políticas de preservación digital de monumentos relevantes expuestos a la intemperie como estrategia útil para paliar las consecuencias de un cambio climático acuciante.

Por otro lado, al margen del potencial educativo del recurso, que también tendremos ocasión de comentar, tanto el gemelo digital como la experiencia virtual derivada, ofrecen una alternativa accesible a un segmento de población que en otras circunstancias tendría vetado el acceso al yacimiento por razones de movilidad. La localización del monasterio en lo alto de una colina no es un obstáculo insalvable para un conjunto amplio de la población, que puede acceder a él a través de un sendero de montaña, que goza de un mantenimiento razonable y una pendiente no excesivamente pronunciada, en un trayecto de algo menos de media hora. Sin embargo, queda limitado para la población de edad más avanzada o con dificultades físicas. Si pretendemos dar a conocer el patrimonio histórico y arqueológico de manera inclusiva y para todos los públicos, los recursos digitales creados permiten que toda la población pueda conocer el enclave con independencia de su edad o condición física.

4.2. La socialización del conocimiento: nuevos lenguajes y nuevos públicos

A lo largo de las últimas décadas, los avances tecnológicos en ámbitos muy diversos han transformado radicalmente nuestra sociedad hasta el punto de modificar algunos de nuestros comportamientos individuales y colectivos (Hoehe & Thibaut, 2020). El acceso a la tecnología o la amplísima difusión de las redes sociales han generado unos públicos proclives a la inmediatez y, desde la perspectiva humanística, las nuevas generaciones se han desvinculado en parte de la cultura escrita, el discurso profundo y el lenguaje natural en sus formas más complejas y reflexivas. No es objeto de este trabajo entrar en juicios de valor sobre estos procesos ni debatir acerca de su potencial reversibilidad. Sin embargo, como agentes de preservación, estudio y difusión del patrimonio, debemos ser capaces de utilizar los nuevos recursos a nuestro alcance para lograr de forma efectiva que el conocimiento que genera la investigación de base revierta en la sociedad mediante la creación de productos culturales de calidad.

El formato de visita virtual, en este sentido, se revela útil para nuestros fines, aunque todavía no parece constituir una herramienta plenamente consolidada en la difusión del patrimonio cultural, especialmente el de los bienes inmuebles. Al contrario, los modelos virtuales de elementos patrimoniales en su sentido más amplio —habitualmente restituidos a través de fotogrametría

exclusivamente— parecen abrirse paso de forma algo más decidida desde hace ya un tiempo (<https://eureka3d.eu/>). En cualquier caso, cabe señalar que los gemelos digitales no ofrecen interpretaciones históricas de lo que representan por sí mismos y requieren de un relato que los acompañe, que no siempre se presenta. En este contexto, el gemelo digital del monasterio de Sant Genís de Rocafort y la exposición que de él se deriva representan un caso paradigmático de cómo la tecnología puede ampliar el alcance del conocimiento, ofreciendo nuevas maneras de interactuar con los bienes culturales, permitiendo una aproximación más dinámica y envolvente y alcanzando nuevos públicos, especialmente entre la población más joven.

El uso de modelos tridimensionales y entornos digitales interactivos supone una evolución en los lenguajes de comunicación del patrimonio. Frente a las formas tradicionales de difusión, basadas en textos especializados, planos o visitas presenciales, la virtualización permite generar narrativas visuales que facilitan la comprensión del sitio por parte de un público más amplio. Esta capacidad de traducir el conocimiento a nuevos lenguajes tiene un impacto significativo en la socialización del conocimiento, pues convierte la experiencia en algo más accesible y atractivo para distintos sectores de la sociedad y en ningún caso supone la pérdida de públicos tradicionales, para los cuales se mantienen las estrategias anteriores. Uno de los logros, a nuestro juicio, de este tipo de recursos es que pueden sumarse a todo un conjunto de estrategias de difusión a las que complementan, pero no sustituyen. Además, este tipo de propuestas, permiten la incorporación de elementos multimedia de naturaleza diversa como locuciones, textos explicativos o animaciones que enriquecen el discurso interpretativo y refuerzan la transmisión del conocimiento.

4.3. Nuevos retos: la incorporación del modelo al registro arqueológico

Otro aspecto fundamental es la capacidad del gemelo digital para explorar distintas hipótesis de reconstrucción histórica y compartirlas de manera clara y visual. No hemos desarrollado todavía propuestas de restitución —ni que sea en forma de meros alzados volumétricos— dado que el registro arqueológico todavía está siendo objeto de revisión e investigación. En cualquier caso, el modelo digital es clave para la creación de dichas propuestas y su potencial es destacable. La existencia de dos pisos edificados sobre la terraza inferior y el acceso a al segundo piso desde la terraza intermedia es un dato sobre el que tenemos cierta seguridad a tenor del registro arqueológico, por lo que el paso a su modelado y restitución sobre el gemelo a fin de contrastar las distintas hipótesis de restitución que barajamos es inminente.

Experiencias en este sentido son ampliamente conocidas en el ámbito arqueológico, con especial aplicación a conjuntos edificados con un cierto carácter monumental (Bruno et al., 2010), pero también con perspectivas más amplias (Lucarelli, 2023). Uno de los retos pasa por combinar la propia restitución resultante con el proceso de documentación y toma de decisiones para dichas restituciones al propio registro arqueológico, generando un conjunto de metadatos y parámetros (Giovannini & Demetrescu, 2024) que todavía no está plenamente normalizado pero para el cual ya contamos con algunas propuestas previas y experiencias exitosas aplicadas a otros casos de estudio, como el desarrollo de una Matriz Harris Extendida (EHM o EM, por sus siglas en inglés) (Demetrescu, 2015;

Scopinaro et al., 2024). También en este sentido, la restitución de propuestas a través de la ilustración histórica, que es una técnica ampliamente extendida (Diéguez Uribeondo, 2019) y sobre la que ya hemos realizado algunos trabajos con anterioridad (Del Fresno Bernal, Ot Padilla, et al., 2023; Del Fresno Bernal, Travé Allepuz, et al., 2023) puede beneficiarse enormemente del gemelo digital en el caso de Sant Genís.

5. Conclusiones

Hemos querido dar a conocer a través de este trabajo una experiencia o estudio de caso relativo a la aplicación de herramientas de modelado tridimensional y realidad virtual inmersiva a la documentación, análisis y difusión del patrimonio edificado. La elaboración de un gemelo digital para el monasterio de Sant Genís de Rocafort i la creación de una exposición mediante realidad virtual inmersiva han supuesto un reto conceptual y metodológico que pasa por la toma de decisiones y la definición de protocolos de trabajo, y que hemos abordado a través de la realización de este proyecto. Uno de los principales retos es la necesidad de equilibrar rigor científico y divulgación, evitando caer en simplificaciones excesivas que puedan distorsionar la realidad histórica. El proceso de construcción del modelo digital de Sant Genís como parte de los trabajos de documentación y registro arqueológico y la construcción de un discurso visual basado en evidencias arqueológicas contrastadas garantiza el rigor científico a la vez que deviene comprensible y atractivo para el público general. En este sentido, la colaboración entre arqueólogos, diseñadores digitales y especialistas en comunicación resulta esencial para garantizar una representación fidedigna y eficaz del patrimonio.

El impacto de los nuevos lenguajes en la percepción social del patrimonio es un aspecto clave a considerar de cara a intervenciones futuras en otros yacimientos del territorio. La experiencia adquirida en Sant Genís de Rocafort ha dotado de herramientas para abordar la digitalización de otros yacimientos emblemáticos del territorio, como la iglesia de Santa Margarida, mencionada al inicio de este trabajo. En efecto, las posibilidades que ofrece la realidad virtual para reproducir entornos que permiten explorar un yacimiento arqueológico desde cualquier lugar y en cualquier momento contribuye a reforzar el vínculo entre la sociedad y su legado histórico, generando nuevas formas de participación y de implicación en su conservación. A medida que estas tecnologías sigan evolucionando, será necesario seguir reflexionando sobre su papel en la divulgación del conocimiento, sobre las oportunidades que ofrecen para redefinir la relación entre la arqueología y la sociedad y, especialmente, para hacer avanzar las disciplinas humanísticas a través del mundo digital.

Agradecimientos y financiación

Los resultados que hemos presentado en este trabajo resultan de la ejecución de dos proyectos de investigación: un proyecto de investigación arqueológica titulado *L'articulació del paisatge rural altmedieval: Sant Genís de Rocafort i Santa Margarida* (ARQ001SOL-110-2022), en desarrollo durante el cuatrienio 2022–2025, y otro específico para la implementación de la exposición virtual titulado *Una mirada virtual al Monestir de Sant Genís de Rocafort: proposta de patrimonialització a través de la realitat virtual immersiva* (CLT502/24/000044). Ambos han contado con financiación de la Generalitat de Catalunya, el Ayuntamiento de Martorell i el Centre d'Estudis Martorellencs. Las tareas de investigación se han llevado a cabo en colaboración con Sistemes de Gestió de Patrimoni SCCL i Virtual Past y se inscriben entre las líneas de investigación propias del Grupo de Investigación en Arqueologia Medieval i Postmedieval de la Universitat de Barcelona (2021-SGR-00236), adscrito al Instituto de Arqueologia de dicha universidad.

Referencias

- Baucells Reig, J. (2007). *El Priorat de Sant Genís de Rocafort (Martorell)*. Centre d'Estudis Martorellencs.
- Bruno, F., Bruno, S., De Sensi, G., Luchi, M. L., Mancuso, S., & Muzzupappa, M. (2010). From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Cultural Heritage*, 11(1), 42-49. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2009.02.006>
- Clopas, I. (1945). *Resumen Histórico de Martorell relacionado con la Historia de Cataluña*. Gráficas Martorell.
- Del Fresno Bernal, P., Ot Padilla, I., Martínez Torrecilla, J. M., & Travé Allepuz, E. (2023). 3D: más allá de la reconstrucción virtual. Una herramienta al servicio de la gestión integral del patrimonio. Ermita de Sant Llorenç de la Senabra. En F. Díez Platas & C. González Pérez (Eds.), *Scire vias. Humanidades Digitales y Conocimiento Actas de las jornadas de Humanidades Digitales Hispánicas 2021*. (pp. 113-144). Digitalia Humanistica.
- Del Fresno Bernal, P., Socorregut Domènech, J., Travé Allepuz, E., Farreny Agràs, M., Mauri Martí, A., & Navarro Sáez, R. (2023). Noves descobertes a Sant Genís de Rocafort (Martorell). Precedents i distribució del monestir medieval a la llum de la recerca arqueològica, segles IX – XV. *RODIS. Journal of Medieval and Postmedieval Archaeology*, 6, 59-78. https://doi.org/10.33115/a/26046679/6_03
- Del Fresno Bernal, P., Travé Allepuz, E., Ot Padilla, I., Martínez Torrecilla, J. M., & Socorregut Domènech, J. (2023). Sant Llorenç de la Senabra. Un exemple de reconstrucció virtual 3D en un marc de gestió integral del patrimoni. En *V Trobada d'Estudiosos del Foix, 22 de juny de 2022* (pp. 119-128). Diputació de Barcelona.
- Demetrescu, E. (2015). Archaeological stratigraphy as a formal language for virtual reconstruction. Theory and practice. *Journal of Archaeological Science*, 57, 42-55. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.02.004>
- Diéguez Uribeondo, I. (2019). Dibujo arqueológico e ilustración histórica: una profesión apasionante al servicio de la sociedad. *PH Patrimonio Histórico*, 97, 17-20.
- Giovannini, E. C., & Demetrescu, E. (2024, mayo 17). Extending the Extended Matrix With CIDOC-CRM. Paradata for Virtual Reconstruction Processes & Beyond. *Second Webinar on Defining Paradata, Metadata & Data for Documenting 2D/3D Digital Cultural Heritage (DCH)*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11210425>
- Hoehe, M. R., & Thibaut, F. (2020). Going digital: How technology use may influence human brains and behavior. En *Dialogues in Clinical Neuroscience* (Vol. 22, Número 2, pp. 93-97). Les Laboratoires Seriver. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2020.22.2/mhoehe>
- Keissami, A., Johnson, A., & Manesku, D. (2019). Project Nira: Instant interactive real-time access to multi-gigabyte sized 3D assets on any device. *Proceedings of the SIGGRAPH'19: Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference, Los Angeles, California, 28 July, 2019*, 1-1. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3306305.3332368>
- Lucarelli, R. (2023). From Virtual Reality to virtual restitution: How 3D-Egyptology can contribute to decolonizing the field and the question of digital copies vs the original. En *Can't Touch This: Digital Approaches to Materiality in Cultural Heritage* (pp. 165-181). Ubiquity Press. <https://doi.org/10.5334/bcv.i>
- Ot Padilla, I., & Mauri Martí, A. (2024). *Una mirada virtual al Monestir de Sant Genís de Rocafort: proposta de patrimonialització a través de la realitat virtual immersiva*.
- Pladevall, A. (1970). Lletre Oberta. *Solc*, 4.
- Scopinaro, E., Demetrescu, E., & Berto, S. (2024). Towards the definition of Transformation Stratigraphic Unit (TSU) as new section of the extended matrix methodology. *Acta IMEKO*, 13(3), 1-9. <https://doi.org/10.21014/actaimeko.v13i3.1830>
- Travé Allepuz, E., Navarro Sáez, R., & Mauri Martí, A. (2021). Investigación arqueológica integral en el priorato de Rocafort: Yacimientos de Sant Genís y Santa Margarida (Martorell. Barcelona). En

Manuel. Retuerce Velasco (Ed.), *Actas VI Congreso de Arqueología Medieval (España-Portugal): Alicante, 2019* (pp. 615-620). Asociación Española de Arqueología Medieval.

Travé Allepuz, E., & Ot Padilla, I. (2025). Sant Genís de Rocafort 3D: conèixer el patrimoni a través de la realitat virtual immersiva. *Mnèmosine. Revista Catalana de Museologia*, 15.
<https://revista.museologia.cat/ct/article/sant-genis-de-rocafort-3d-con-ixer-el-patrimoni-a-traves-de-la-realitat-virtual-immersiva-256>

Travé Allepuz, E., Socorregut Domènech, J., Del Fresno Bernal, P., Navarro Sáez, R., Farreny Agràs, M., & Mauri Martí, A. (2025). The medieval priory of Sant Genís de Rocafort (Martorell, Barcelona): life, death, power and social hierarchy after ten years of archaeological excavation and material analysis. En L. Lloveras, C. Rissech, J. Nadal, & P. Banks (Eds.), *Reconstructing Past Monastic Life: Volume 2: Diet, Landscape and Monastic Space. New Trends from Archaeological, Bioanthropological and Documentary Perspectives* (pp. 127-138). Oxbow Books.