

ESTUDIO ARQUEOASTRONÓMICO DE LAS IGLESIAS DE LA ASUNCIÓN EN LOS POBLAMIENTOS CRISTIANOS TRAS LA RECONQUISTA DE LAS PROVINCIAS DE CÓRDOBA Y SORIA

José María Abril Hernández

Académico Correspondiente

RESUMEN

PALABRAS CLAVE

Iglesias de la Asunción.
Soria.
Románico de repoblación.
Equinoccio canónico.
Orto del 15 de agosto.

Estudiamos la orientación de las iglesias de la Asunción en Soria (N=73). El grupo del *románico de repoblación* (N=45, siglos XII-XIII) muestra patrones de orientación solar: 47% de las iglesias se alinean con el sol del equinoccio (80% de ellas al orto en el equinoccio canónico, 25 de marzo), 26% se orientan al orto solar en la festividad de la Asunción, mientras que un 7% oponen su ábside al ocaso en esa fecha. Reencontramos estos patrones en algunas iglesias medievales de la campiña de Córdoba.

ABSTRACT

KEYWORDS

Assumption churches.
Soria.
Romanesque.
Canonical equinox.
Sunrise on August 15th.

This work studies the alignment of the Assumption churches in Soria (N = 73). The group from the *Romanesque of repopulation* (N = 45, twelfth-thirteenth centuries) shows solar patterns of orientation: 47% of the churches were aligned to the sun of the equinox (80% of them to the ortho at the canonical equinox, March 25th), 26% were oriented to the solar ortho on the feast of the Assumption, while 7% opposed their apses to the sunset on that date. These patterns also appear in some medieval churches in the Cordoba countryside.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la orientación de las iglesias cristianas se ha convertido en un tema de creciente interés (Ali y Cunich, 2001; Hinton, 2010; Blaauw, 2012; Yilmaz, 2012; Čaval, 2015; González-García, 2015; Allen, 2016; Abril, 2017), y se enmarca en el ámbito de la arqueoastronomía, la disciplina científica que estudia la relación entre las antiguas construcciones y los elementos del paisaje celeste (Magli, 2015).

Las Constituciones Apostólicas de los siglos III-IV indican que las iglesias se deben construir como naves alargadas, con la cabecera dirigida hacia oriente¹. Entre los siglos V y XIII diversos autores, entre ellos el Papa Virgilio, Isidoro de Sevilla y Guillermo Durando, precisan que la orientación debe ser hacia el sol del equinoccio y evitando los solsticios (Vogeleet al., 1962; González-García y Belmonte 2015). En la práctica, cada fábrica particular hubo de resolver una serie de condicionamientos específicos, con una enorme laxitud en el cumplimiento de las reglas de orientación anteriores (Abril, 2018). Así, al analizar la orientación de grandes grupos de iglesias es habitual encontrar una distribución continua de direcciones, cubriendo buena parte, si no toda la circunferencia del horizonte.

La metodología habitual de estudio requiere la definición de una muestra coherente de iglesias, y procede con la medición del acimut de cada una de ellas (el ángulo que define con el cardinal norte el eje central de la iglesia, trazado hacia su ábside). Posteriormente se determina el histograma de frecuencias relativas de los acimuts y se estudia la significación estadística de eventuales picos que puedan aparecer en dicho histograma (Abril, 2017). De esta forma resulta posible identificar otras prácticas de orientación que hayan podido coexistir con la norma básica de orientación al este.

El equinoccio astronómico (declinación solar nula) define el cardinal Este. En la actualidad, la estrella polar (α -UMi) nos permite localizar los puntos cardinales con razonable precisión, pero en el siglo XII, por la precesión del eje de la Tierra, distaba más de 5° del polo norte celeste. Por la simetría de la órbita aparente del Sol, la localización de los puntos cardinales puede resolverse con las técnicas de gnomónica descritas por Vitruvio en su *De Architectura*² (escrita entre el 30 y el 15 a.C.), pero estos conocimientos no estaban al alcance de todos los maestros y canteros del mundo de la construcción (García-Ortega, 2007).

La dirección del «Sol equinoccial» se determinó en otros casos mediante la observación, desde la parcela donde se habría de construir la iglesia, de la salida del Sol sobre el horizonte local en la fecha del equinoccio canónico romano (25 de marzo en calendario juliano). Este es el caso de un subgrupo de iglesias gótico-mudéjares construidas *ex novo* en las principales ciudades de Andalucía tras la Reconquista, como hemos podido determinar recientemente mediante la aplicación de la metodología estadística arriba descrita, combinada con modelos digitales del terreno y cálculos astronómicos.

¹ Las Constituciones Apostólicas, II, 7, LVII, <http://www.ccel.org/ccel/schaff/anf07.ix.iii.vii.html> (consultado en octubre, 2019).

² Vitruvius, 1931. *On Architecture*, Vol 1: *Books 1-5*, trans. F. Granger. Loeb Classical Library 251. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

micos (Abril, 2018). Esta práctica de orientación es independiente de la dedicación del templo. Otros autores habían sugerido que esta práctica se habría aplicado ya en la península ibérica en algunas iglesias, desde paleocristianas a prerrománicas (González-García y Belmonte, 2015).

Desde que en 1823 el poeta inglés William Wordsworth³ escribiera que la mayoría de las iglesias antiguas en Inglaterra fueron alineadas hacia el orto solar en la festividad del santo patrón, diversos autores han tratado de encontrar evidencias empíricas de su aplicación real en iglesias medievales de distintas regiones de Europa, aunque con escaso éxito (puede verse un sumario de estos trabajos en Abril, 2018). Uno de los trabajos más exhaustivos en este sentido es el realizado por Hinton (2010), que estudió unas 2.000 iglesias medievales de Inglaterra, para concluir que éstas no seguían «la regla Wordsworth». Similares conclusiones se encuentran en el trabajo más reciente de Allen (2016), que estudió 630 iglesias medievales en Gales.

En España, los estudios de Pérez Valcárcel (1998), con 187 iglesias románicas del Camino de Santiago, Pérez Valcárcel y Pérez Palmero (2018), con 43 iglesias mozárabes, y de González-García y Belmonte (2015), con 167 iglesias prerrománicas, habían descartado «la regla Wordsworth», aunque los últimos autores sugieren la excepción de algunas iglesias erigidas después del descubrimiento de la tumba del apóstol Santiago.

En un reciente trabajo de este autor (Abril, 2017), medimos los acimuts de todas las iglesias parroquiales dedicadas a la Virgen de la Asunción en Andalucía, Extremadura, y los obispos de Ciudad Real, Albacete, Cartagena y Orihuela (lo que aproximadamente se corresponde con el dominio musulmán a mediados del siglo XII). El histograma de frecuencias relativas mostró un pico muy intenso alrededor de los 75°, contribuido por alrededor del 10% de las 168 iglesias de la muestra. Usando modelos digitales del terreno y cálculos astronómicos, demostramos que estas iglesias se orientan al punto del horizonte local por donde se eleva el Sol en la festividad de la Virgen de la Asunción (15 de agosto, teniendo en cuenta el calendario vigente en la fecha de su construcción). Hasta donde conocemos, esta es la primera vez en que se ha podido documentar esta práctica de orientación en un grupo grande de iglesias, aplicando los métodos estadísticos a templos con una misma dedicación. Dentro de la provincia de Córdoba, las iglesias de la Asunción de Castro del Río, Cañete de las Torres y Bujalance muestran este singular patrón de orientación.

De inmediato surge la pregunta sobre el origen y significado de esta práctica de orientación. Cabría pensar que la orientación al equinoccio

³ En la introducción a su Segundo poema sobre la Capilla de St. Mary, Rydal: «On the Same Occasion», escrito en 1823 y publicado en 1827.

canónico habría sido un precedente metodológico, particularmente si se acepta la tesis de González-García y Belmonte (2015), que dicen encontrarla en algunas iglesias paleocristianas de la península ibérica.

En este trabajo revisamos el grupo de iglesias marianas de la campiña cordobesa y su cronología, a la luz de nuevos estudios sobre la iglesia de la Asunción de Bujalance (Gimena Córdoba, 2014). El principal resultado viene a situar este patrón de orientación solar en las primeras etapas de la repoblación cristiana tras la Reconquista. De este modo cabe plantear la hipótesis plausible de que se trate de una costumbre importada por los nuevos pobladores cristianos y que, por tanto, sería posible identificarla en sus lugares de procedencia, o bien en otros territorios donde se hubiesen dado fenómenos similares de repoblamiento. Para este fin hemos seleccionado la provincia de Soria como nuestro objetivo de estudio.

2. METODOLOGÍA

2.1. DEFINICIÓN DE LA MUESTRA

El estudio de las iglesias de la Asunción en la mitad sur de España ha sido presentado con detalle en Abril (2017), y la arqueoastronomía de la arquitectura religiosa de Bujalance ha sido objeto de un estudio particularizado (Abril, 2018). Aquí volvemos a considerar el grupo de iglesias de advocación mariana en Bujalance, Cañete de las Torres, Castro del Río y Montoro, con objeto de clarificar la cronología medieval de sus alineamientos al sol de agosto.

A fin de testar en qué medida estos patrones de orientación solar fueron importados por los repobladores cristianos que acudían desde los territorios del norte de la península ibérica, hemos seleccionado la provincia de Soria como un caso de especial interés para nuestro estudio.

En el primer tercio del siglo XII se consolida la reconquista cristiana de las tierras de Soria. La monarquía incentiva la ocupación de estos territorios mediante un sistema de fueros y exenciones tributarias. Los pobladores llegan en diversas oleadas desde Asturias, León, Aragón, norte de Castilla, Francia, etc., fundiéndose con la población autóctona. Desde finales del XII hasta bien entrado el XIII cada villa va a construir templos en sus barrios, y las aldeas, por humildes que sean, edificarán su pequeña iglesia. Es la arquitectura religiosa del *románico de repoblación*. A partir de la mitad del siglo XIII la demografía inicia un declive como consecuencia de la emigración, que busca ahora mejores condiciones de vida en la Andalucía recién conquistada.

El románico soriano tiene un carácter eminentemente rural. El esquema habitual de la planta de estas iglesias incluye un ábside semicircular,

presbiterio recto y nave única, con la portada a mediodía. Es frecuente encontrar torres adosadas. También es común la galería porticada, que es una aportación del románico soriano. A modo de ejemplo, la Figura 1 muestra fotografías de las iglesias de Los Llamosos y Lumías. El lector podrá encontrar un estudio detallado sobre arte, arquitectura e historia de las iglesias románicas estudiadas en la versión online de la Enciclopedia del Románico⁴. En la mayoría de los casos las iglesias han acumulado un gran número de intervenciones, y a veces de la original tan solo se conservan algunos elementos, como la pila bautismal.



Figura 1. Iglesia de la Asunción de Los Llamonos (arriba) que sigue la habitual planta románica de hemiciclo absidal, presbiterio recto y una nave con portada a mediodía. La extensión de la nave y la espadaña son añadidos posteriores. En la fotografía inferior aparece la iglesia de la Asunción de Lumías, de origen románico pero ampliamente reformada en el XVI. Del románico conserva la cabecera de mampostería, rematada por una cornisa con canchillos lisos⁵.

⁴ romanicodigital.com

⁵ Para más información remitimos a la versión online de la Enciclopedia del Románico. Imágenes reproducidas bajo licencia Creative Commons (<https://commons.wikimedia.org/>).

Para proceder de manera sistemática, en primer lugar consideramos todas las iglesias que aparecen en la actualidad con la advocación de la Virgen de la Asunción en la provincia de Soria. Para ello utilizamos los registros de iglesias parroquiales de la Conferencia Episcopal Española⁶. En algunos pocos casos la iglesia está ya derruida en un despoblado, de modo que la identificación positiva ha sido posible en 73 emplazamientos. La mayoría son iglesias de pequeñas comunidades rurales, y alrededor del 60% son claramente de cronología del *románico de repoblación* (este subgrupo será también objeto de un tratamiento estadístico diferenciado). No pueden descartarse situaciones en las que la nueva iglesia se construyera sobre una románica más antigua, preservando o no su alineamiento, pero no ha quedado constancia documental. Para todas las iglesias estudiadas se ha revisado la documentación histórica disponible en archivos oficiales de acceso online. Como se ha dicho con anterioridad, la principal referencia documental para estas iglesias es la versión en línea de la Enciclopedia del Románico. Los cambios de dedicación identificados son muy escasos. En la Figura 2 se ofrece la distribución geográfica de la muestra.

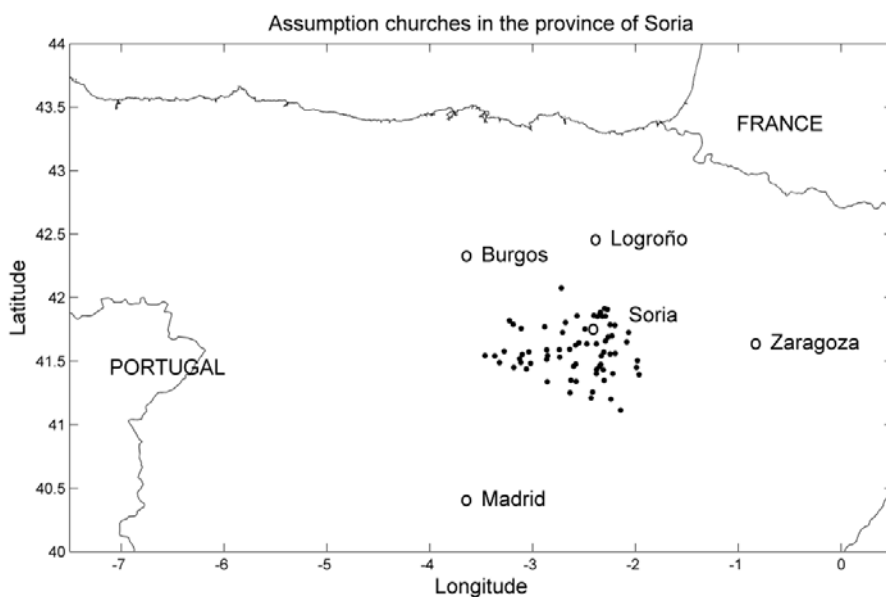


Figura 2. Distribución geográfica de la muestra S-0 de iglesias parroquiales de la Asunción estudiada en este trabajo (N=73)

⁶ Conferencia Episcopal Española. Parroquias de cada diócesis [online]. Consultado en junio de 2019, <http://www.conferenciaepiscopal.nom.es/parroquias/>

2.2. MEDIDAS ANGULARES, CÁLCULOS ASTRONÓMICOS Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

La metodología para la determinación de los acimuts, los cálculos astronómicos y el análisis estadístico ha sido presentada en detalle en Abril (2017), en Abril y Morena-López (2018), y en Abril (2018), por lo que solo se exponen aquí de forma sucinta las ideas principales.

El acimut de cada iglesia, A_z , se ha determinado a partir de las ortofotografías del programa PNOA-LiDAR del Instituto Geográfico Nacional (IGN), con una escala equivalente de vuelo de 1:15000. Las imágenes pueden manejarse con el visor Iberpix⁷, del IGN. La incertidumbre del posicionamiento, $\sigma_{x,y}$, es inferior a 0.5 m. El acimut puede calcularse a partir de las coordenadas UTM (Datum ETRS89) de dos puntos distantes en la línea del eje de la iglesia, que generalmente resulta bien definido por el caballete del tejado en la nave principal, o por otros elementos de la cubierta. El acimut de cuadrícula ha de ser convertido en acimut geodésico teniendo en cuenta el ángulo de convergencia. Alternativamente, A_z puede obtenerse a partir de las coordenadas angulares de los dos puntos de referencia usando el software PAG del IGN. El trazado de la línea base se repite n veces, calculándose el valor medio y la incertidumbre asociada, englobando ésta a la dispersión y al error propagado (Bevington y Robinson, 2003). Debido a la gran altitud equivalente del vuelo, en fotografías no propiamente cenitales la proyección de la línea de referencia, como el caballete del tejado (que se mantiene a cota constante), puede sufrir traslación, pero sin rotación. De este modo, la lectura del acimut sobre la proyección plana sigue siendo correcta, y en esta proyección es lícito extender el trazado de la línea más allá de la nube de píxeles que definen el caballete o cualquier otra referencia aceptable. Así, aunque tratemos en casos con iglesias cuyas naves apenas alcanzan los 20 m, el método permite manejar incertidumbres menores a 0.8°. En algunos casos (como en la iglesia de Lumías de la Figura 1) la planta es algo irregular. La cubierta de la nave sigue siendo un buen referente (tal vez el mejor disponible) para definir el acimut de la iglesia. El efecto es difícil de cuantificar, pero podemos manejar como razonables incertidumbres del orden de 1.0° para los acimuts de este grupo de iglesias. Hacemos notar que las herramientas de software de Google Earth Pro también permiten la medida de los acimuts, y que en aquellos lugares donde la resolución de las imágenes es apropiada, sus resultados son comparables a los obtenidos con la metodología antes descrita a partir de las ortofotografías del IGN. Sin embargo, en la zona de interés y en el momento de este estudio,

⁷ <https://www.ign.es/iberpix2/visor/> Consultado en mayo de 2020.

la resolución de las imágenes en las zonas rurales de Soria aún no es lo suficientemente buena en Google Earth⁸.

La altura angular del horizonte local en la dirección del acimut (o para $A_z + \pi$), γ , se ha determinado a partir de modelos digitales del terreno utilizando la herramienta *HeyWhat'sThat* (Kosowsky, 2012). El efecto de la refracción de la luz en la atmósfera se tiene en cuenta aplicando la fórmula de Bennett (1982) para encontrar la altura angular con la que el punto central del disco solar se vería sobre el horizonte local, γ^* . La precisión de los modelos digitales del terreno puede ser variable por zonas. Es habitual atribuirle una incertidumbre de 0.5° , del orden de la que puede manejarse con el uso de clinómetros.

Para testar la hipótesis de la alineación del eje de las iglesias al orto/ocaso solar en una fecha de calendario relevante, se determina para esa fecha el valor de la declinación solar mediante la aplicación de cálculos astronómicos estandarizados, con apoyo de software específico, y se usa γ^* para determinar el azimut solar, A_s . En muchas ocasiones la fecha exacta de fundación no se conoce. El resultado del cálculo varía ligeramente con la proximidad a los años bisiestos, pero con cambios muy pequeños en un rango de fechas amplio.

Alternativamente, a partir de A_z , γ^* y la latitud geográfica, λ , se puede calcular la declinación, δ_s , del astro que asciende por ese punto del horizonte:

$$\sin \delta_s = \sin \gamma^* \cdot \sin \lambda + \cos \gamma^* \cdot \cos \lambda \cdot \cos A_z \quad (1)$$

Para comparar los azimuts de la iglesia y el del orto solar debe tenerse en cuenta, además de las incertidumbres de medida y propagadas, lo que denominamos «la incertidumbre o el error del arquitecto». Esto es, aun aceptando que el arquitecto persiguiese alinear el eje de la iglesia con el orto solar, desconocemos el criterio aplicado para el amanecer (aparición del primer rayo de luz, el centro del disco o el disco solar completo), y las incertidumbres asociadas con la captura de esa dirección y su posterior traslado a los muros de la iglesia.

Los correspondientes histogramas de frecuencia relativa para los acimuts y las declinaciones se han construido con una función de distribución de densidad Kernel Epanechnikov (González García y Belmonte, 2015) con ayuda del software MATLAB (Mathworks, 2016). La significancia estadística de los picos, cuando aparezcan superpuestos a una distribución de fondo, será analizada con los métodos de la espectrometría alfa y gamma (Kanisch,

⁸ Google Earth Pro. Consultado en mayo de 2020.

2017). Cuando la distribución de fondo no resulta discernible, el enfoque habitual en estos estudios arqueoastronómicos es asumir para la construcción de la hipótesis nula una distribución aleatoria de acimuts (Silva, 2020).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. IGLESIAS DE LA ASUNCIÓN CON ORIENTACIÓN SOLAR EN LA CAMPIÑA DE CÓRDOBA

En nuestro estudio previo (Abril, 2017) habíamos identificado que las iglesias de la Asunción de Bujalance, Castro del Río y Cañete de las Torres se orientaban al orto solar en la festividad de la Asunción, considerando la datación de estos templos que aparece en la guía digital del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico⁹ de la Junta de Andalucía.

La repoblación de la campiña cordobesa se consolida tras controlarse la revuelta mudéjar (1264-1266). En la primera organización de la diócesis cordobesa, Castro del Río fue cabeza de arcedianato, y su iglesia de la Asunción, orientada al sol de agosto, dataría de finales del XIII (García-Ortega, 2007). Según este autor, de la misma época sería la iglesia de Santa María de Montoro, que incluimos en este estudio. Ambas se ubican en plazas fortificadas con murallas de defensa. Otras iglesias serían algo más tardías. Hemos de notar que la organización de las parroquias no implicaba la inmediata construcción de las iglesias. La reutilización de mezquitas fue moneda común, y las adecuaciones iniciales serían con elementos muebles y litúrgicos cristianos, tras las cuales acabarían llegando las primeras intervenciones traumáticas en los edificios (García-Ortega, 2015).

La actual iglesia de Santa María de la Asunción de Bujalance aparece en el catálogo del IAPH¹⁰ datada en la primera mitad del siglo XVI, aunque se conoce que con anterioridad existía una iglesia medieval, muy posiblemente emplazada sobre una mezquita anterior.

Muy esclarecedora resulta la tesis doctoral de Gimena Córdoba (2014) sobre la obra de Hernán Ruiz I, «el Viejo». En su trabajo compila amplia información sobre la biografía del maestro, y realiza un exhaustivo estudio de su obra en toda la provincia. En Bujalance levantó la cabecera gótica de la Asunción, allá por 1525. La autora es capaz de identificar sin ambigüedades la mano del maestro, pero también los vestigios de la anterior iglesia medieval: «Esta composición hace pensar en la posibilidad de que el maes-

⁹ IAPH, 2020. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Consejería de Cultura y Patrimonio Histórico. Junta de Andalucía [online]. Consultado en mayo de 2020.

¹⁰ <https://guiadigital.iaph.es/bien/inmueble/17010/cordoba/bujalance/iglesia-de-santa-maria-de-la-asuncion>

tro Hernán Ruiz «el Viejo» realizara su intervención sobre la primitiva iglesia medieval, transformándola desde pilares a cubiertas, pero conservando los muros que distribuían y organizaban la planta». La arqueoastronomía también aporta datos a favor de este análisis. Las iglesias de San Mateo, en Lucena, y Santa María la Mayor, en Baena, ambas obras de nueva planta atribuidas a Hernán Ruiz I (Gimena Córdoba, 2014), tienen una orientación casi perfecta al orto solar en el equinoccio astronómico (89.9° y 90.6°, respectivamente). Como hemos comentado, conseguirlo no era trivial sin manejar la gnomónica de Vitrubio, que seguramente el maestro conocería antes de reencontrarla en la biblioteca del palacio de Belalcázar (episodio que recoge en su tesis Gimena Córdoba). En Bujalance no sigue esa pauta porque, como defiende esta autora, mantiene los muros (y la orientación) de la anterior iglesia medieval.

Así, el patrón de orientación que encontramos en la Asunción de Bujalance debe atribuirse a la primitiva iglesia medieval. De momento no tenemos referencia documental más precisa para su construcción, que seguramente sería algo posterior a las de Castro del Río y Montoro, tal vez de principios del XIV, como la Asunción de Pedro Abad.

En cuanto a la Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción de Cañete de las Torres, la base de datos del IAPH recoge la siguiente datación: «Aunque se piensa que su origen está en el s. XIII, los restos más antiguos nos datan del s. XV que se corresponden con la planta de tres naves divididas por arcos en su origen de medio punto y de ladrillo, sobre pilares cuadrangulares».

La Tabla 1 resume los resultados del estudio para estas cuatro iglesias. En todos los casos la diferencia entre el acimut medido para la iglesia y el calculado para el orto solar es pequeña, y queda comprendida dentro del margen de incertidumbre en la medida y de una tolerancia razonable para el «error de arquitecto». Para el caso de Bujalance, la revisión de fechas mejora notablemente el nivel de acuerdo entre ambas magnitudes.

Aun dejando abierto el estudio de la revisión de la extensión temporal de esta práctica observada en la mitad sur de España, en lo que concierne a sus orígenes, y dada la intensidad del fenómeno en las primeras etapas del repoblamiento, cabe considerar la hipótesis de que se trate de una costumbre importada desde sus lugares de origen por los nuevos pobladores; hipótesis que sería también consistente con la tradición, observada durante siglos atrás, de la orientación al equinoccio canónico. Testar esta hipótesis es el objeto de la siguiente sección.

TABLA 1

Acimut solar sobre el horizonte local para el conjunto de iglesias dedicadas a la Asunción y a Santa María en pueblos de la campiña de Córdoba

Localidad	Fundación	φ (°)	λ (°)	A_z (°)	γ (°)	A_s (°)	Δ (°)
Bujalance	Inicios del XIV	-4.3829	37.8967	75.7	1.2	75.8	0.1
Castro del Río	Finales del XIII	-4.4813	37.6905	75.9	1.9	76.3	0.4
Cañete de las Torres	XIV-XV	-4.3174	37.8673	78.4	1.9	76.5-76.9	-1.7
Montoro (Sta. María)	Finales del XIII	-4.3813	38.0273	75.1	1.6	76.0	0.9

Longitud, φ , latitud, λ , acimut de las iglesias, A_z , altura angular del horizonte en la dirección de A_z , γ , acimut solar para el orto sobre el horizonte local en la fecha de fundación, A_s , y la diferencia $\Delta = A_s - A_z$. Para la estimación de A_s se usa el punto central (a efectos de cálculo tomamos 1285 para finales del XIII y 1320 para inicios del XIV) o el rango de fechas para la fundación (en calendario juliano). Las incertidumbres en las magnitudes angulares (1σ) son $\leq 0.7^\circ$.

3.2 ORIENTACIÓN DE LAS IGLESIAS DE LA ASUNCIÓN EN LA PROVINCIA DE SORIA

En la Tabla 2 se recogen los resultados del estudio arqueoastronómico del conjunto de iglesias de la Asunción en la provincia de Soria (muestra S-0). Las iglesias aparecen por orden creciente de su acimut. Para cada iglesia se anotan sus coordenadas geográficas, la longitud del templo (que usaremos como un indicador de su potencial relevancia), y la altura angular del horizonte en la dirección del acimut. La cronología de cada iglesia se indica a partir de las fuentes que han resultado accesibles para este estudio, y que aparecen en la columna de «notas». En negrita aparecen las iglesias que sin ambigüedad pueden adscribirse al *románico de repoblación*, y que forman la sub-muestra S-R para los estudios estadísticos que siguen. Nótese como se ha excluido Ciadueña, por ser un cambio de advocación. El resto de información resultará más comprensible a medida que se vayan presentando los resultados de los análisis de datos.

TABLA 2
Estudio arqueoastronómico para el conjunto de iglesias dedicadas a la Asunción en la provincia de Sorja

Localidad	Cronología	ϕ (°)	λ (°)	L (m)	A_s (°)	γ (°)	Criterio	A_s (°)	Δ (°)	Notas
MURIEL VIEJO	No documentada	-2,915175	41,782868	24	38,7	9,3	No			
ALCUBILLA DEL MARQUÉS	XIV	-3,13399	41,567078	25	62,5	2,7	No			[1]
DEZA	XVI	-2,022045	41,463448	38,4	64,2	11,9	No			
GIADUEÑA	Románico	-2,634563	41,472236	17	65	0,45	No			[2] CT
BOROBIA	XVI	-2,299578	41,703739	36,3	65,6	5,0	No			
BORCHICAYADA	No documentada	-2,410799	41,447242	19	66,7	1,8	No			
GOLMAYO	XV	-2,523899	41,765675	29	67,1	1,1	No			
MONTENEGRO DE CAMEROS	XVI	-2,753823	42,089644	29,3	69,5	4	No			
BORJABAD	Románico	-2,36499	41,553932	25	72	0,7	15-AUG	(73,7, 74,0)	(1,6, 2,0)	[3]
ARCOS DE JALÓN	XVI	-2,272233	41,213524	29	73	8,5	15-AUG	(81,1, 82,7)	(5,6, 7,2)	
ALPANSEQUE	Románico	-2,670429	41,264061	35	73,7	0,8	15-AUG	(73,8, 74,0)	(0,2, 0,6)	[4]
LA CUENCA	Románico	-2,741732	41,738547	20	74,5	3,4	15-AUG	(76,3, 76,7)	(2,2, 2,6)	[5]
FRESNO DE CARACENA	Románico	-3,092332	41,451968	26	75,3	3,5	15-AUG	(76,5, 76,9)	(1,2, 1,6)	[6]
ESTEPA DE SAN JUAN	No documentada	-2,334337	41,927236	19,6	75,4	2,9	15-AUG	(75,8, 77,4)	(0,4, 2,0)	[7] CT?
CIRUJALES DEL RIO	XVI	-2,325584	41,866977	33	75,4	3,1	15-AUG	(76,0, 77,6)	(0,6, 2,2)	[8] RC?

Longitud geográfica, ϕ , latitud, λ , longitud del templo, L, acimut de las iglesias, A_s , altura angular del horizonte en la dirección de A_s , γ , acimut solar para el orto sobre el horizonte local en la fecha de fundación, A_s , y la diferencia $\Delta = A_s - A_s$. La cronología se refiere a la estructura arquitectónica reconocible con más antigüedad. Para la estimación de A_s se usa el rango de fechas para la fundación (en calendario juliano), que queda definido por la cronología del edificio y mediados del XII (inicio del románico de repoblación). Se estudia el ajuste de la iglesia a los siguientes criterios: CE (equinoccio canónico, 25 de marzo), CA (equinoccio astronómico); 15-AUG (al orto solar del 15 de agosto); 15-A-SS (ábside opuesta al ocaso solar del 15 de agosto). Los casos aceptables se indican con sombreado. Las incertidumbres en las magnitudes angulares (1σ) son $\leq 1,0$.

El listado sigue el orden creciente de los acimuts medidos, A_s . En negrita aparecen las iglesias del románico incluidas en la sub-muestra S-R.

En las notas que siguen Ref. 1 corresponde al visor online de la Enciclopedia del Románico (romanicodigital.com).

NOTAS:

- [1] R-checha por completo a finales del XIII o principios del XIV. Conserva del antiguo románico la pila bautismal (Ref. 1).
- [2] Antes advocada a San Antonio Abad (Ref. 1).
- [3] Conserva del románico cabecera y portada (Ref. 1).
- [4] Conserva del románico la caja de la nave (Ref. 1).
- [5] De finales del XII (Ref. 1).
- [6] Conserva del románico la galería porticada (Ref. 1).
- [7] Aunque la parroquia es de la Asunción, la iglesia actual aparece como de San Esteban, con una capilla del XVI. Podría tratarse de un cambio de dedicación, con una Asunción original bien orientada al sol de agosto, pero no existen evidencias documentadas.
- [8] La cabecera es del siglo XVI. Posible reedificación de una antigua iglesia medieval bien orientada al sol de agosto, pero no existen evidencias documentadas.

TABLA 2 (CONTINUACIÓN; 2/5)
Estudio arqueoastronómico para el conjunto de iglesias dedicadas a la Asunción en la provincia de Soria

Localidad	Cronología	φ (°)	λ (°)	L (m)	A_s (°)	γ (°)	Criterio	A_s (°)	Δ (°)	Notas
SOLIEDRA	Románico	-2.382544	41.470105	25	75.3	1.65	15-AUG	(74.7, 75.1)	(-0.8, -0.4)	[9]
LOS LLAMOSOS	Románico	-2.582971	41.658063	25	75.9	1.2	15-AUG	(74.5, 74.9)	(-1.3, -0.9)	[10]
VALDERRUEDA	Románico	-2.770649	41.544378	23.7	76.3	4.6	15-AUG	(73.8, 74.2)	(-2.5, -2.1)	[11]
ALDEALAFUENTE	Románico	-2.324933	41.671813	24	76.6	1.3	15-AUG	(74.3, 74.7)	(-2.3, -1.9)	[12]
LUMIAS	Románico	-2.891763	41.349606	22	76.6	3.4	15-AUG	(76.4, 76.8)	(-0.2, 0.2)	[13]
PUEBLA DE ECA	No documentada	-2.3378	41.361857	28	77.7	2.1	15-AUG	(75.1, 75.5)	(-2.7, -2.3)	[14]
AYLLONCILLO	Románico	-2.402269	41.864173	20	77.8	1.2	15-AUG	(74.1, 74.5)	(-3.3, -2.9)	[15]
ARANCÓN	Románico	-2.280177	41.799163	25	77.9	2.1	15-AUG	(75.2, 75.6)	(-2.7, -2.3)	[15]
RADONA	No documentada	-2.44969	41.270527	30	78.1	4.6	15-AUG	(77.5, 77.9)	(-0.6, -0.2)	[16]
VILLASAYAS	Románico	-2.610653	41.352965	32	79	4.2	15-AUG	(77.1, 77.5)	(-1.8, -1.5)	[17]
AUSEJO DE LA SIERRA	Románico	-2.374607	41.896201	16.8	79.4	2.0	15-AUG	(74.9, 74.3)	(-4.9, -4.3)	[17]
LUBIA	No documentada	-2.505431	41.650328	22	79.5	4.6	15-AUG	(77.5, 77.9)	(-2.0, -1.6)	[18]
OSONILLA	Románico	-2.673067	41.605325	26	81.5	0.56	CE	(84.3, 83.9)	(2.9, 2.5)	[18]
FUENTELARBOL	Románico	-2.773097	41.603332	20	81.7	0.4	CE	(84.2, 83.8)	(2.5, 2.1)	[19]
CENEGRO	No documentada	-3.354644	41.500948	23.4	82.9	11.1	CE	(94.1, 93.7)	(11.2, 10.7)	[20]
OLMILLOS	Románico (XIII)	-3.159267	41.531951	22.7	83.4	0.5	CE	(84.3, 83.9)	(0.9, 0.5)	[20]
ABIÓN	Románico	-2.230039	41.573506	31	84.1	1.7	CE	(85.4, 85.1)	(1.4, 1.0)	[21]

NOTAS:

- [9] Conserva del románico la cabecera y buena parte de la nave (Ref. 1).
- [10] Iglesia con la habitual planta románica (Ref. 1).
- [11] Conserva del románico la nave y portada (Guía de Soria. <https://guadesoria.es/>).
- [12] Conserva del románico la cornisa y pila bautismal (Ref. 1).
- [13] Conserva del románico la cabecera (Ref. 1).
- [14] Conserva del románico el ábside (Ref. 1).
- [15] Conserva del románico los muros de la nave y la portada (Ref. 1).
- [16] Iglesia de finales del XII que conserva del románico el perímetro, la portada y la galería porticada (Ref. 1).
- [17] Conserva del románico la portada (Ref. 1).
- [18] Se conserva prácticamente completa su estructura románica (Ref. 1).
- [19] Su planta sigue el habitual esquema románico (Ref. 1).
- [20] Del románico conserva pila bautismal, posiblemente de la primera mitad del siglo XIII (Ref. 1).
- [21] Del románico conserva la parte inferior de los muros (Ref. 1).

TABLA 2 (CONTINUACIÓN): 3/5
Estudio arqueoastronómico para el conjunto de iglesias dedicadas a la Asunción en la provincia de Soria

Localidad	Cronología	φ (°)	λ (°)	L (m)	A ₁ (°)	γ (°)	Criterio	A ₂ (°)	Δ (°)	Notas
MORÓN DE ALMAZÁN	XV	-2.412567	41.415236	40.7	84.4	0.9	CE	(84.7, 83.5)	(0.3, -0.9)	[22]
BOOS	XVII (Románico)	-2.897021	41.600877	25.3	84.5	0.2	CE	(84.0, 82.4)	(-0.5, -2.1)	[23]
BAYUBAS DE ABAJO	Románico	-2.896078	41.526693	24.7	84.7	2.2	CE	(86.0, 85.6)	(1.2, 0.8)	[24]
MOMBLONA	XVI	-2.346166	41.444604	30	85	1.5	CE	(85.3, 83.7)	(0.3, -1.3)	[25]
MATUTE DE ALMAZÁN	Románico	-2.614165	41.48977	20.9	85.3	2.2	CE	(86.0, 85.6)	(0.7, 0.3)	[26]
CASTILFRIJO DE LA SIERRA	Románico	-2.30555	41.920105	37.6	85.9	4.7	CE	(88.3, 87.9)	(2.4, 2.0)	[26]
CIHUELA	Iglesia fortificada	-1.998644	41.40613	25.8	86	10.5	CE	(93.5, 93.1)	(7.5, 7.1)	[27]
MORCUBERA	Románico	-3.215899	41.464168	29.2	86.5	0.2	CE	(84.0, 83.6)	(-2.5, -2.9)	[28]
MIRANDA DE DUEBRO	Románico	-2.413862	41.650352	20.8	86.9	0.5	CE	(84.3, 83.9)	(-2.7, -3.1)	[29]
FUENTEGELMES	Románico	-2.66075	41.362907	21	86.9	3.3	CE	(87.0, 86.6)	(0.1, -0.3)	[30]
BELTEJAR	Románico	-2.464698	41.223122	25.2	87	2.1	CE	(85.9, 85.5)	(-1.1, -1.5)	[31]
CARDEJÓN DEL CAMPO	Románico	-2.118384	41.66488	34.4	87.4	0.8	CE	(84.6, 84.1)	(-2.8, -3.2)	[26]
CASILL DE TIERRA	No documentada	-2.27871	41.570154	26.8	87.8	0.25	CE	(84.0, 83.6)	(-3.7, -4.2)	
VALTUENA	Románico	-2.253322	41.414331	25	88.4	0.4	CE	(84.2, 83.8)	(-4.2, -4.6)	[32]
							AE	90.0	1.6	

NOTAS:

- [22] Iniciada en el XV (web del Ayuntamiento de la localidad: morondealmazan.es)
- [23] Iglesia del XVII que reutiliza algunos elementos (cancelillos) de una románica anterior (Ref. 1). Podría mantener la orientación de la antigua iglesia románica, que habría estado bien orientada al equinoccio canónico, pero no existen evidencias documentadas.
- [24] Construcción de origen románico (Ref. 1).
- [25] Iglesia de estilo gótico. Podría mantener la orientación de una antigua iglesia románica, que habría estado bien orientada al equinoccio canónico, pero no existen evidencias documentadas.
- [26] Del románico solo se conserva la pila bautismal (Ref. 1).
- [27] Templo neoclásico de finales del siglo XVIII (guadesoria.es).
- [28] Del románico conserva parte del lienzo suroccidental (Ref. 1).
- [29] Sigue el modelo de templo románico (Ref. 1).
- [30] Conserva del tardorománico el cuerpo de su nave única (Ref. 1).
- [31] Conserva restos de una primitiva iglesia románica (guadesoria.es).
- [32] Del románico conserva la caja de muros de la nave y la cabecera (Ref. 1).

TABLA 2 (CONTINUACIÓN): 4/5
Estudio arqueoastronómico para el conjunto de iglesias dedicadas a la Asunción en la provincia de Soria

Localidad	Cronología	φ (°)	λ (°)	L (m)	A (°)	γ (°)	Criterio	A _h (°)	Δ (°)	Notas
TREVAGO	Iglesia fortificada	-2.234483	41.794989	24	88.6	0.3	CE	(84.5, 84.1)	(-4.1, -4.5)	[33]
MAZALVETE	Románico	-2.26199	41.710323	24.4	88.6	1.2	CE	(85.0, 84.6)	(-3.6, -4.0)	[34]
CALDERUELA	Románico	-2.234483	41.794989	20	88.7	2.0	CE	(86.0, 85.6)	(-2.6, -3.1)	[35]
HERREROS	XVI	-2.713466	41.817023	29	89.1	3.3	CE	(87.0, 85.4)	(-2.1, -3.7)	
PORTELRUBIO	Gótica	-2.438476	41.872571	22	89.4	2.8	CE	(86.5, 84.9)	(-2.9, -4.5)	
JUDES	No documentada	-2.177148	41.1265	36	89.9	5.2	CE	(87.1, 88.4)	(-2.8, -1.5)	
LOS VILLARES DE SORIA	Románico	-2.355599	41.864465	24	90.4	1.3	AE	90	-0.4	[35]
SAUQUILLO DE BONICES	Románico	-2.340524	41.583961	21	90.6	0.6	AE	90	-0.6	[36]
INÉS	No documentada	-3.14678	41.501939	35	90.8	2.7	AE	90	-0.8	
HINOJOSA DE LA SIERRA	Románico	-2.600276	41.869387	19	91.3	5.0	CE	(88.5, 88.2)	(-2.8, -3.1)	[37]
LA ALAMEDA	Románico	-2.014818	41.516123	30.3	91.4	9.2	CE	(92.4, 92.0)	(1.0, 0.6)	[38]
ESCOBOSA DE ALMAZÁN	Románico ?	-2.370983	41.487057	26	91.4	1.9	AE	90	-1.4	[39]
EL BURGO DE OSMÁ	Románico	-3.070292	41.585628	66.6	91.4	2.9	CE	(86.6, 86.2)	(-4.8, -5.2)	[40]
ESPEJÓN	No documentada	-3.258797	41.830797	22	94.7	3.9	No	90	-1.4	

NOTAS:

- [33] Iglesia fortificada del s. XII.
- [34] Del románico conserva los muros (Ref. 1).
- [35] Del románico solo se conserva la pila bautismal (Ref. 1).
- [36] Su portada románica puede fecharse en el tránsito del XII al XIII (Ref. 1).
- [37] Iglesia de origen románico, muy reformada en el XVII (Ref. 1).
- [38] Primitivo templo románico (guadesoria.es).
- [39] Su datación, entre románica y gótica, es controvertida (Ref. 1)
- [40] De la catedral románica (de incisos del XII) se conserva parte del muro del evangelio (Ref. 1)

TABLA 2 (CONTINUACIÓN); 5/5)
Estudio arqueoastronómico para el conjunto de iglesias dedicadas a la Asunción en la provincia de Sorja

Localidad	Cronología	ϕ (°)	λ (°)	L (m)	A_1 (°)	γ (°)	Criterio	A_2 (°)	Δ (°)	Notas
VALDANZO	Románico-gótica	-3.401337	41.553483	27	96	2.8	No			
VILDÉ	No documentada	-3.053469	41.495174	28	96.2	3.6	No			[41]
LA RUBIA	Románico	-2.378356	41.88273	20.2	96.6	1.0	No			[42]
BAYUBAS DE ARRIBA	Románico	-2.886681	41.556984	22	96.6	1.0	No			
SANTA MARÍA DE LAS HOYAS	1602	-3.144117	41.77023	26.3	98.8	7	No			
DOMBELLAS	Románico	-2.545043	41.856848	24	101.1	3.3	No			[43]
HINOJOSA DEL CAMPO	Románico	-2.10105	41.738745	37.2	101.8	1.6	No	(101.7, 101.3)	(0.2, -0.1)	
CANDILICHERA	Románico	-2.299578	41.703759	25	102.7	0.3	No	(105.2, 104.8)	(4.1, 3.7)	[44]
CASTILLEJO DE ROBLEDO	Románico	-3.495464	41.557497	24	105	0.8	No	(106.3, 105.9)	(3.3, 3.0)	[45]
VELILLA DE SAN ESTEBAN	No documentada	-3.31000	41.589275	26	255	0.9	No			[46]
ESPEJA DE SAN MARCELINO	Románico	-3.220794	41.802144	24	310	3.6	No			
AREVALO DE LA SIERRA	XVIII	-2.915175	41.782868	23	349.3	7.4	No			
QUINTANA REDONDA	Reedificada en 1921	-2.614648	41.639239	32	358.5	1.3	No	(102.0, 101.6)	(-1.9, -2.3)	[47]

NOTAS:

En la aplicación del criterio 15-A-SS se toma la altura angular del horizonte en la dirección $A_1+\pi$.

[41] Del románico conserva la portada (Ref. 1).

[42] De la fábrica románica conserva la portada meridional y la cabecera (Ref. 1).

[43] El primitivo edificio tardorrománico (de comienzos del XIII) constaba de nave rectangular con portada en el lado sur y ábside semicircular (Ref. 1)

[44] Iglesia fortificada.

[45] Construcción románica realizada en aparejo de mampostería (Ref. 1)

[46] El edificio es de cronología tardorrománica, superando con creces la fecha de 1200 (Ref. 1).

[47] Del románico solo se conserva la pila bautismal (Ref. 1).

El primer nivel de análisis lo aporta el histograma de frecuencias relativas para los azimuts de la muestra S-0, generado con una distribución de densidad Kernel Epanechnikov con resolución de 0.5° y 1.5° de anchura de banda, que se muestra en la Figura 3. La gráfica muestra un pico principal ligeramente desplazado hacia el norte del cardinal Este. En realidad se trata de la superposición de dos patrones de alineamiento, como veremos en lo que sigue. En segundo lugar encontramos un prominente pico alrededor del acimut de 76.8° , y una tercera marca alrededor de los 65° . Estos picos están superpuestos a una distribución de «fondo» que se aproxima a una campana de Gauss centrada alrededor del cardinal Este. Inmediatamente surgen dos cuestiones: la significancia estadística y el significado de esos «atractores».

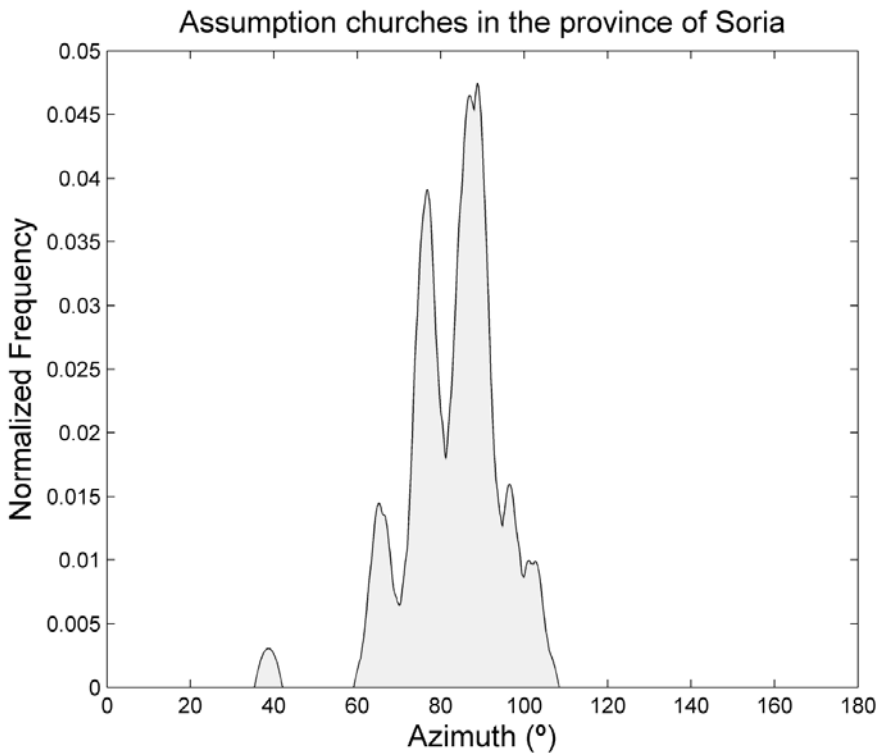


Figura 3. Histograma de frecuencias para las iglesias parroquiales de la Asunción por la muestra S-0 ($N=73$ definición de la muestra en la sección 2.1 y en la Tabla 2), con distribución de densidad Kernel Epanechnikov con resolución de 0.5° y 1.5° de anchura de banda.

Consideremos la hipótesis de que una iglesia se quiere alinear con la salida del Sol en una fecha significativa particular, y que se hace observando la salida del astro sobre el horizonte local desde el emplazamiento donde se ha de edificar la iglesia, y en la fecha de calendario en cuestión (en la escala temporal de interés la situación del orto se repite anualmente). Sobre un horizonte plano, sin elevación angular alguna (más propiamente, el horizonte astronómico), el Sol se eleva por un punto definido por un cierto acimut y altura angular nula. Sin embargo, si el horizonte presenta elevaciones, como en el caso del paisaje montañoso de buena parte de las tierras de Soria, el Sol saldrá tras la línea del horizonte con algo de retraso, y algo desplazado hacia el sur. Por esta razón, en el espectro de acimuts el pico no aparece como un intervalo delgado, sino con una cierta anchura. Otros elementos que contribuyen a su anchura son las incertidumbres asociadas a las medidas de los acimuts, los cálculos astronómicos, y el «error del arquitecto».

Para el estudio cuantitativo de la significación estadística de un pico definiremos una región de interés (ROI), como un intervalo que fija los límites del pico a estudiar, y que en el gráfico de la Figura 3 viene a corresponderse con discontinuidades de pendiente en el las fronteras. Los valores de la frecuencia relativa en los extremos de la ROI (promediados sobre intervalos de anchura suficiente) definen la distribución de fondo. Esta distribución de fondo es la envolvente de un conjunto de criterios de orientación, como el replanteo de la iglesia en cualquier día soleado del año, preferentemente en primavera-verano, el acomodo a viarios y a pendientes del terreno, reutilización de estructuras precedentes, la no aplicación de criterio alguno, etc. Este conjunto de criterios de fondo es capaz de crear, por mero azar, alguna iglesia orientada en cualquier dirección que a nosotros nos pueda parecer significativa y, por tanto, este fondo debe restarse del área bajo el pico en la Figura 3. Esto es en esencia la metodología que se aplica de manera rutinaria en el análisis de espectros de radiactividad alfa y gamma, con la aproximación de distribuciones Binomiales (Kanisch, 2017). Como la Figura 3 ya es un «suavizado» de los datos, podemos trabajar directamente con la secuencia de datos, ordena por acimuts crecientes, tal como aparece en la Tabla 2.

Para el pico alrededor de 76.80 definimos la región de interés $[72^\circ, 80^\circ)$, intervalo que es cerrado en su extremo inferior, y abierto en el superior. Los valores de fondo se estiman para el intervalo $[67^\circ, 72^\circ) \cup [80^\circ, 81^\circ)$. La probabilidad de que el pico sea una fluctuación estadística del fondo es inferior a 10^{-8} , y el área neta del pico es de 15 ± 2 . Es decir, este es el número de iglesias con azimuts en el intervalo ROI que siguen un patrón de orientación singular, diferente de los niveles de fondo, y con la

significación estadística anterior. En cuanto a su significado, la hipótesis que consideraremos será la orientación al orto solar en la festividad de la Virgen de la Asunción (15 de agosto), en el tiempo de fundación (más propiamente de la puesta en planta) de la iglesia. Esta hipótesis será contrastada con el cálculo del histograma de declinaciones, y con los cálculos astronómicos particularizados para cada iglesia.

Continuemos de momento con el pico principal. En la Figura 3 no puede resolverse bien su doble estructura, por lo que la estimación, entendida aquí como semicuantitativa, se referirá al pico compuesto. Definimos ROI $[81^\circ, 92^\circ)$, con fondo $[80^\circ, 81^\circ)$ U $[92^\circ, 101^\circ)$. La probabilidad de que el pico sea una fluctuación estadística del fondo es inferior a 0.01, con un área neta de 26 ± 2 (el número de iglesias que sigue esta alineación estadísticamente significativa). La hipótesis interpretativa a considerar es la orientación al orto solar sobre el horizonte local en el equinoccio canónico (25 de marzo, en el calendario juliano vigente en la fecha de puesta en planta de la iglesia), junto con la alineación al equinoccio astronómico (acimut de 90°).

La declinación solar puede calcularse con la ecuación (1) para cada iglesia. A partir de este dato se puede construir el histograma de frecuencias relativas mostrado en la Figura 4, usando también una distribución de densidad KernelEpanechnikov con resolución de 0.5° y 1.5° de anchura de banda. El gráfico muestra un pico principal alrededor de $\delta_s \sim 3.2^\circ$, que se corresponde al doble pico, contribuido por la orientación al equinoccio astronómico ($\delta_s = 0^\circ$), y al equinoccio canónico (25 de marzo), que para finales del siglo XII tenía el valor de 4.3° , que está en muy buen acuerdo con la hipótesis planteada, toda vez que el pico de la gráfica 3 está recogiendo una media ponderada de ambas contribuciones.

El segundo pico en la Figura 4 corresponde a un valor $\delta_s \sim 11.8^\circ$, muy próximo a los 12.1° de la declinación solar para el 15 de agosto a finales del siglo XII.

Con esta información podemos regresar a la Tabla 2, y observar el detalle de la comparación del acimut medido en cada iglesia con el cálculo del acimut solar (teniendo en cuenta el horizonte local y la corrección por refracción) para las siguientes situaciones (cuando resulten verosímiles): CE, orientación al equinoccio canónico, CA, orientación al equinoccio astronómico, y 15-AUG, orientación al orto solar en la festividad de la Asunción.

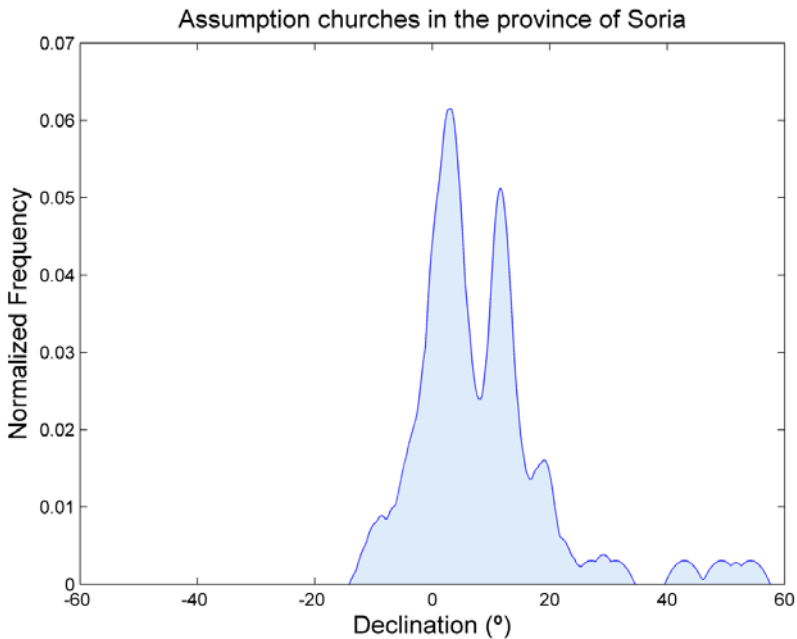


Figura 4. Histograma de frecuencias para las iglesias parroquiales de la Asunción de la muestra S-0 (N=73 definición de la muestra en la sección 2.1 y en la Tabla 2), con distribución de densidad Kernel Epanechnikov con resolución de 0.5° y 1.5° de anchura de banda.

La mayoría de las iglesias que no satisfacen ningún criterio son aquellas que no pertenecen claramente al *románico de repoblación*, a excepción de Ciadueña, cuya advocación original no era la Asunción. En Arcos de Jalón, aunque su acimut es de 73°, la elevada altura angular del horizonte la deja lejos de satisfacer el criterio 15-AUG. En la iglesia de Cirujales del Río solo son reconocibles las estructuras del XVI, pero la orientación satisface el criterio 15-AUG, por lo que tal vez la iglesia haya sido levantada sobre una románica anterior. No obstante, a falta de constancia documental, esta iglesia no se ha incluido en el subgrupo S-R. La iglesia de Estepa de San Juan también satisface el criterio, pero su adscripción al románico y su advocación original no están suficientemente claras, por lo que tampoco se incorpora al subgrupo S-R. Iglesias con cronología no documentada, como Lubia, Radona y Puebla de Eca, que satisfacen bien el criterio 15-AUG, podrían encontrar en su orientación un indicio plausible de datación. Observamos también que, en coherencia con los niveles de significación estadística antes referidos, el margen de tolerancia admisible para reconocer intencionalidad en el alineamiento al 15-AUG es inferior a 3.0 °,

resultado que puede extenderse al criterio de CE, como veremos. Aulsejo de la Sierra, aunque románica, y con un acimut de 79.4° , presenta una desviación excesiva (mayor a 4.0°) que la invalida como candidata al criterio 15-AUG.

A partir de un acimut de 81° empezamos a encontrar casos de acuerdos con el criterio de orientación al equinoccio canónico (CE). Las primeras excepciones corresponden a iglesias de otra cronología, como el caso de la iglesia de Cenegro. En Morón de Albazán la datación apunta al XV, pero su orientación sigue el criterio CE, por lo que podría tratarse de una aplicación tardía del criterio, o, tal vez, de una reedificación sobre una primitiva románica que lo seguía. A falta de evidencia documental, esta iglesia no se incluye en el subgrupo S-R. Más claro parece el caso de Boós, en el que sí se encuentran elementos reutilizados de una primitiva iglesia románica. En la iglesia fortificada de Chuela se pierde el criterio EC, plausiblemente en aras de otros considerandos más perentorios, dada la doble funcionalidad del edificio. Cardejón del Campo se sitúa en el límite de aceptabilidad del criterio CE.

Para acimuts mayores, la proximidad al equinoccio astronómico hace que este criterio de orientación (AE) cobre fuerza como el más plausible. En una eventual aplicación de la gnomónica de Vitrubio para determinar el cardinal este, el error experimental está inevitablemente presente. Una estimación de esta incertidumbre puede obtenerse si se considera la catedral de El Burgo de Osma como el principal referente en el que pudo utilizarse esta técnica. El acimut presenta una desviación de 1.3° respecto del cardinal Este. Es de notar que este criterio parece seguir siendo aplicado en iglesias de cronología posterior al románico. En otras iglesias pequeñas de esta cronología, con una altura angular de horizonte considerable, el criterio AE compite con el CE, y aunque las desviaciones de éste último sean mayores, aún están dentro de lo aceptable, y en nuestra opinión resultan más plausibles dada la escasa entidad de la fábrica y el alto nivel de cualificación que habría debido tener el maestro.

Con acimuts superiores a 92° ninguno de los criterios anteriores resulta ya verosímil. No obstante, aún nos aguarda alguna sorpresa.

Del análisis anterior se colige que la mayoría de las fábricas románicas parecen seguir algún criterio de orientación bien definido, y que las iglesias de cronología posterior aportan un ruido estadístico, que puede suprimirse si estudiamos el subconjunto de iglesias S-R, constituido por aquellas que inequívocamente pertenecen al *románico de repoblación* (las marcadas en negrita en la Tabla 2). El histograma con la frecuencia relativa normalizada para sus acimuts aparece en la Figura 5. Aquí la estructura de

doble pico aparece con mucha más nitidez, siendo la distribución de «fondo» virtualmente inexistente. El pico principal aparece centrado en 86.6° , y sigue siendo un pico compuesto por las iglesias orientadas al equinoccio canónico y aquellas otras que siguen el equinoccio astronómico. El segundo pico está centrado en 76.8° , y se corresponde con las iglesias orientadas al sol de la Asunción (al orto solar del 15 de agosto en la fecha de fundación). La significancia estadística de estos picos puede evaluarse como en el caso de la Figura 4. La probabilidad de que el pico de 76.8° sea una fluctuación estadística del fondo es inferior a 10^{-6} , y para el doble pico alrededor de 86.6° , la probabilidad baja a 10^{-12} . Si se aplica el criterio de distribución aleatoria para la construcción de la hipótesis nula, el valor de la frecuencia normalizada de fondo sería $2.7 \cdot 10^{-3}$, y con un criterio de 3σ se considerarían significativas frecuencias normalizadas mayores que 0.008.

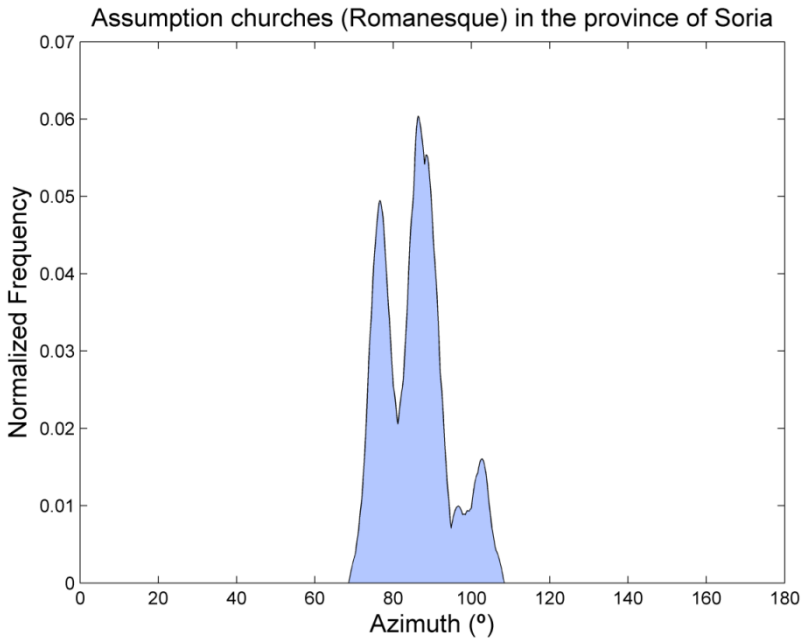


Figura 5. Histograma de frecuencias para las iglesias parroquiales de la Asunción de la muestra S-R (N=45 definición de la muestra S-R, véase sección 2 y Tabla 2), con distribución de densidad KernelEpanechnikov con resolución de 0.5° y 1.5° de anchura de banda.

La novedad en esta figura aparece en el tercer pico, centrado en un acimut de 102.6° . Para una ROI de $(101, 105]$ y un fondo en $(96, 101] \cup (105, 110]$, la probabilidad de que se trate de una fluctuación estadística es

inferior a 0.01, y su área neta es 3 ± 1 (las iglesias que satisfacen este nuevo criterio). Nótese que este pico es el «simétrico» respecto al cardinal este del pico 15-AUG de 76.8° ; es decir, estas iglesias están orientadas con su ábside en oposición a la puesta del Sol en la festividad de la Asunción (15 de agosto). Esta hipótesis ha sido sometida a prueba, como se recoge en la Tabla 2, donde se determina la altura angular del horizonte para el acimut $A_z + \pi$. Las iglesias de la Asunción de Dombellas, Candelichera y Castillejo del Robledo se ajustan bien a este criterio (con los mismos márgenes de tolerancia admitidos para los criterios anteriores), mientras que la iglesia de Hinojosa del Campo presenta una desviación superior a 4° .

Las orientaciones al ocaso son ciertamente más raras, pero han sido documentadas en casos como la iglesia de San Francisco, en Bujalance, y algunas otras dedicadas a este santo en la mitad sur de España (Abril, 2017). Brady et al. (2016) también documentan este tipo de orientación para el caso singular de la iglesia cisterciense de la Asunción del Valle Crucis, en Gales.

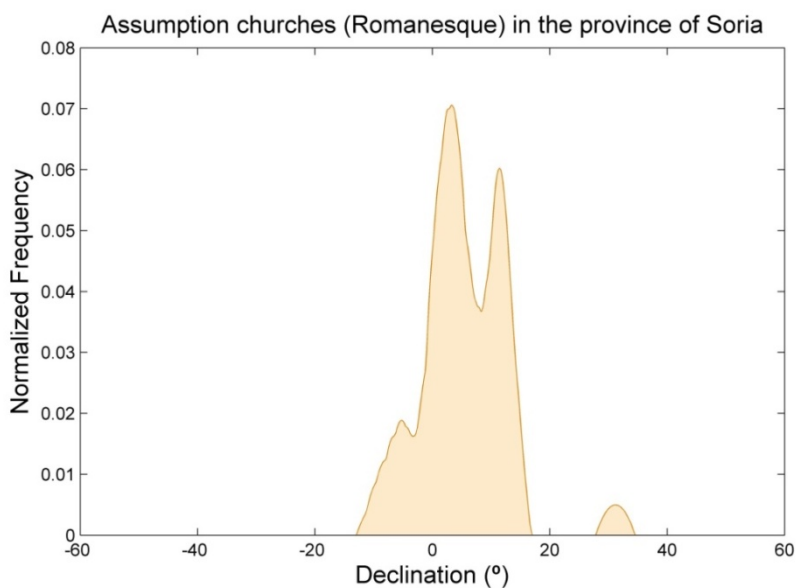


Figura 6. Histograma de frecuencias para las iglesias parroquiales de la Asunción para la muestra S-R (N=45, definición de la muestra S-R, véase sección 2 y Tabla 2), con distribución de densidad KernelEpanechnikov con resolución de 0.5° y 1.5° de anchura de banda.

Por completitud del análisis, la Figura 6 muestra el histograma de frecuencias relativas para las declinaciones calculadas con los datos de la población S-R. Los dos picos principales vienen a confirmar lo que ya se ha expuesto anteriormente. La observación que cabe realizar aquí es destacar la utilidad de un análisis combinado de azimuts y declinaciones. Los primeros tienen serias limitaciones cuando los horizontes locales de las iglesias presentan grandes alturas angulares y con rangos de valores muy variados. Trabajar con declinaciones simplifica la identificación del astro (en este caso la fecha del ciclo solar) cuando todas las orientaciones son del mismo hemisferio, sin entrar en consideraciones sobre la propagación de incertidumbres y en distribuciones de probabilidad no gaussianas debido a líneas de horizonte con pendientes y/o extremos relativos (Silva, 2020). Pero este enfoque, en su aplicación estándar, no puede detectar las orientaciones al sol del ocaso, como han aparecido en este estudio.

La distribución espacial de las iglesias del *románico de repoblación* que siguen estos criterios solares de orientación no revela ningún patrón fácil de interpretar, aunque bordean el valle del Duero, aun guardando su distancia.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio demuestra que en las iglesias de la Asunción del *románico de repoblación* en la provincia de Soria, erigidas entre mediados del XII y principios del XIII, se siguieron ciertos patrones de orientación solar:

Alrededor del 47% de las iglesias se orientan al sol del equinoccio; de éstas, la mayoría (alrededor de un 80%) lo hacen al orto solar sobre el horizonte local en el equinoccio canónico, tal como se vería desde el emplazamiento donde habría de erigirse la iglesia en la fecha del 25 de marzo.

Alrededor del 26% de las iglesias se orientaron al orto solar en la festividad de la Virgen de la Asunción (15 de agosto), siguiendo el mismo procedimiento práctico antes descrito.

Alrededor de un 7% de las iglesias se orientaron con sus ábsides en oposición al sol del ocaso en la festividad de la Virgen de la Asunción.

Algunas de las iglesias estudiadas no tienen una cronología bien definida, por vacío documental y por no haber sido objeto de análisis exhaustivo. Sus patrones de alineamiento CE y 15-AUG pueden ser de valor indiciario para futuros estudios. La mayoría de iglesias estudiadas con datación posterior al románico parecen haber perdido estos patrones de orientación, salvo en algunos casos, en los que sigue quedando como cuestión abierta

el discernir si se trata de reedificaciones sobre antiguas románicas que guardaban la orientación, o bien una continuidad en el tiempo de estas prácticas de orientación.

En la publicación de los monjes benedictinos de la Abadía de Buckfast (1927) se describe el rito de colocación de la piedra fundacional en la construcción de una nueva iglesia. En este rito, se tenía que colocar una cruz de madera en el sitio designado para el altar antes de que el obispo bendijera la primera piedra. Según estos autores, el rito incluía la vigilia en el lugar, permitiendo la observación del amanecer sobre el horizonte local. Esto habría proporcionado un escenario adecuado para la aplicación de las prácticas de orientación al orto solar en el equinoccio canónico o en la festividad de la Asunción. Sin embargo este rito aparece recogido por primera vez en el Pontifical de la Curia del siglo XIII, con el pontificado de Inocencio III e Inocencio IV (Gallart, 2013, 82). Las iglesias del *románico de repoblación* son anteriores, por lo que el Pontifical de la Curia no puede representar un punto de partida para estas prácticas de orientación. El origen hay que seguir buscándolo en templos de cronología anterior.

Las delgadas aperturas absidales, que suelen aparecer en la arquitectura del románico, habrían actuado como colimadores, propiciando en estas iglesias singulares fenómenos de iluminación en la fecha seleccionada para el alineamiento (el equinoccio canónico o la festividad de la Asunción). La interpretación cristológica de la luz ha sido objeto de amplio estudio (Blaauw, 2012; Ataoguz, 2015), y seguramente en el caso del *románico de repoblación* merece también ser objeto de atención en futuros trabajos.

El campo de estudio sigue siendo amplísimo. La metodología aquí presentada puede utilizarse para rastrear más atrás en el tiempo el origen de esta práctica, ver su implantación en otros territorios, su perduración en el tiempo, y estudiar si se aplicaron patrones de orientación similares para otros santos titulares. El significado teológico de las orientaciones al sol de agosto sigue siendo otra cuestión abierta.

Por otro lado, una vez establecida la relativa ubicuidad de estas prácticas de orientación, pueden utilizarse como indicios plausibles para reinterpretar algunos escenarios, como pretendemos ilustrar con el siguiente ejemplo.

Apenas un siglo después reencontramos estas prácticas de orientación aplicadas en algunas zonas de Extremadura y Andalucía tras la Reconquista. Este es el caso de las poblaciones de la campiña de Córdoba consideradas en este estudio, donde hemos podido identificar la orientación de iglesias marianas al orto solar en el 15 de agosto.

El entorno de la Ermita de San Pedro, junto al Guadalquivir, en el término de El Carpio, fue el antiguo asentamiento hispano-musulmán de Al-Qusayr (el cristiano Alcocer). Este fue el lugar del primer poblamiento cristiano tras la Reconquista. En 1325 Garci-Méndez de Sotomayor edificó su torre de defensa en actual emplazamiento de El Carpio. El núcleo de la orilla del río se fue abandonando paulatinamente, y poblándose los alrededores de la torre fortaleza.

La ermita actual se levanta sobre el solar que ocupó otra, posiblemente datada en el siglo XV, la cual se edificó durante el siglo XVIII (IPH¹¹). El santo titular es San Pedro, y en su interior se venera una imagen del «Ecce Hommo».

¿Qué ocurre entre el XIII y el XV? En Soria hemos visto cómo en el repoblamiento cristiano hasta las comunidades más humildes construyen de inmediato su iglesia, aunque con el paso de los siglos sean profundamente reformadas. Como en el caso de la Asunción de Bujalance, las reformas, por radicales que sean, pueden (y suelen) respetar la orientación original de la iglesia precedente. La orientación de la ermita de San Pedro, con un acimut de 75.4 ° y una altura angular de horizonte de 0.9°, corresponde con buena precisión ($\Delta = 0.5^\circ$) a la salida del sol el 15 de agosto en el calendario juliano de finales del XIII y principios del XIV. Nuestros estudios de arqueoastronomía permiten plantear como hipótesis plausible que los primeros pobladores cristianos de Alcocer levantaron una pequeña iglesia con advocación mariana (la más frecuente, con diferencia, en las zonas rurales tras la Reconquista), que debió recibir reformas importantes en el XV, así como un cambio de advocación tras el traslado de la población a El Carpio, donde se erigió (en el XV) la nueva iglesia de la Asunción (IPH¹²). Esta hipótesis es consistente con patrones de orientación similares ya documentados en la comarca. Como decimos, se trata de una hipótesis plausible, que tal vez algún día pueda ser contrastada con evidencias documentales o arqueológicas.

¹¹ Guía digital del IPH de la Junta de Andalucía (consultado en junio de 2020): <https://guiadigital.iaph.es/bien/inmueble/942/cordoba/carpio-el/ermita-de-san-pedro>

¹² Guía digital del IPH de la Junta de Andalucía (consultado en junio de 2020): <https://guiadigital.iaph.es/bien/inmueble/945/cordoba/carpio-el/iglesia-de-nuestra-senora-de-la-asuncion>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, J.M., 2017: «Evidence of Churches Aligned to the Sun on the Patron Saint's Day in Southern Spain after the Twelfth Century». *Journal of Skyscape Archaeology*, 3 (1): 29-48.
- _____. 2018: «Estudio arqueoastronómico y arqueométrico de la arquitectura religiosa de Bujalance». En J. Cosano Moyano y J. M. Abril Hernández (coords): *Bujalance. Universo de pueblo campiñés*. Real Academia de Córdoba, Col A. Jaén Morente, II, pp. 83-112.
- Abril, J.M., Morena-López, J.A., 2018: «Archaeoastronomical Study on the Iberian-Roman Sanctuary of Torreparedones (Baena, Spain)». *Journal of Skyscape Archaeology*, 4 (1): 26-51.
- Allen, A.S., 2016: «Church Orientation in the Landscape: a Perspective from Medieval Wales». *Archaeological Journal*, 173:1, 154-187.
- Ataoguz, K., 2015: «Role of Light-Shadow Hierophanies in Early Medieval Art», in *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, edited by Clive L.N. Ruggles, 1733 – 1743. New York: Springer.
- Benedictine Monks of Buckfast Abbey, 1927: «The Laying of the Foundation-Stone of a Church», in *Homiletic & Pastoral Review*, Ed. Ignatius Press, pp. 405-412.
- Bennett, G.G., 1982: «The Calculation of Astronomical Refraction in Marine Navigation». *Journal of Navigation* 35(2): 255-259.
- Blaauw, S.L. de, 2012: «In View of the Light: A Hidden Principle in the Orientation of Early Christian Church Building». C. Cawthra, trans. In *Medieval Art and Architecture*, edited by P. Piva, 15-45. Milan: Jaca Book.
- Bevington, P.A. and D. K. Robinson, 2003: *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences* (3rd edition). New York: McGraw-Hill.
- Brady, B., Gunzburg, D., Silva, F., 2016: «The orientation of Cistercian churches in Wales: A cultural astronomy case study». *Commentarii cistercienses*, t. 67, fasc. 3-4; pp. 275-302.
- Čaval, S., 2015: «Church Orientations in Slovenia». In *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, edited by C.L.N. Ruggles, 3: 1719-1726. New York: Springer.
- Gallart, P., 2013: «The ritual of church dedications in medieval Pontificals and their iconographic cycle». *IMAGO* 5: 79-89; doi: 10.7203/imago.5.2620.
- García-Ortega, A.J., 2007: *Traza de la planta en el modelo Parroquial Cordobés Bajomedieval*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/handle/11441/58715>
- _____. 2015: «De mezquitas a iglesias. Formalización y trazado en los procesos de reconversión de Toledo y Córdoba». *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica* 26: 202-211. <https://idus.us.es/handle/11441/87161>

- Gimena Córdoba, P., 2014: *Forma, espacio y estructura en la transición al renacimiento cordobés. Tradición e innovación en la arquitectura de Hernán Ruiz «El Viejo» (h.1479-1547)*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/handle/11441/73660>
- González-García, A.C., 2015: «A voyage of Christian medieval astronomy: Symbolic, ritual and political orientation of churches». In *Stars and Stones: Voyages in Archaeoastronomy and Cultural Astronomy*; Pimenta, F., Ed.; BAR International Series: Oxford, UK; pp. 268–275.
- González-García, A.C. and J.A. Belmonte, 2015: «The Orientation of Pre-Romanesque Churches in the Iberian Peninsula». *Nexus Network Journal* 17: 353-377. <http://dx.doi.org/10.1007/s00004-014-0231-7>
- Hinton, I.D., 2010: *Aspects of the Alignment and Location of Medieval Rural Churches*. PhD Diss., University of East Anglia.
- Kanisch, G., 2017: «Detection limit calculations for peak evaluation methods in HP Geomatrix spectrometry according to ISO 11929». *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 855: 118-132.
- Kosowsky, M., 2012: *Hey Whats That* [online]. Accessed November 2019, <http://www.heywhatsthat.com>
- Magli, G., 2015. *Archaeoastronomy: Introduction to the Science of Stars and Stones*. New York: Springer.
- Mathworks, 2016: MATLAB v. R2010b [online]. Accessed January 2020, <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
- Pérez Valcárcel, J., 1998: «La orientación de las iglesias románicas del Camino de Santiago» In *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, A Coruña, edited by F. Bares, J. Fernández, S. Huerta and E. Rabasa, 22-24. Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, U. Coruña, CE-HOPU. pp. 391-396.
- Pérez Valcárcel, J., Pérez Palmero, V. 2018: «La orientación de las iglesias mozárabes». *España Medieval* 41: 171-197. <http://dx.doi.org/10.5209/ELEM.60008>
- Silva, F., 2020: «A probabilistic framework and significance test for the analysis of structural orientations in skyscape archaeology». *Journal of Archaeological Science* 118, 105138. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105138>
- Vogel, C., Nédoncelle, M., Botte, B., De Bruyne, L., Grabar. A., Marichal, R., Mohrmann, C., Vogel C., 1962: «Sol æquinocialis. Problèmes et technique de l'orientation dans le culte chrétien». In: *Revue des Sciences Religieuses*, tome 36, fascicule 3-4, 1962. Archéologie paléochrétienne et culte chrétien. pp. 175-211; doi: 10.3406/rscir.1962.2332
- Yilmaz, M., 2012: «Historical Mosque Orientation in Turkey: Central-western Anatolia Region, 1150-1590». *Journal of Historical Geography* 38 (4): 359-371.