

REAL ACADEMIA
DE
CÓRDOBA

COLECCIÓN
A. JAÉN MORENTE

II

BUJALANCE
UNIVERSO DE PUEBLO CAMPIÑÉS

J. COSANO MOYANO
J. M^a ABRIL HERNÁNDEZ
COORDINADORES



2018

BUJALANCE

UNIVERSO DE PUEBLO CAMPIÑÉS



JOSÉ COSANO MOYANO

JOSÉ M^a ABRIL HERNÁNDEZ

**REAL ACADEMIA
DE CIENCIAS, BELLAS LETRAS Y NOBLES ARTES DE
CÓRDOBA**

2018

JOSÉ COSANO MOYANO
JOSÉ M^a ABRIL HERNÁNDEZ
Coordinadores

BUJALANCE
UNIVERSO DE PUEBLO CAMPIÑÉS

REAL ACADEMIA
DE CIENCIAS, BELLAS LETRAS Y NOBLES ARTES DE
CÓRDOBA

2018

BUJALANCE
UNIVERSO DE PUEBLO CAMPIÑÉS
(Colección A. Jaén Morente II)

Coordinadores:

José Cosano Moyano
José M^a Abril Hernández

© Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba
© Foto portada: José Escamilla Rodríguez

ISBN: 978-84-948639-0-5
Dep. Legal: CO-985-2018

Impreso en Litopress. Edicioneslitopress.com. Córdoba

Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de este libro puede reproducirse o transmitirse por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, grabación magnética o cualquier almacenamiento de información y sistema de recuperación, sin permiso escrito del Servicio de Publicaciones de la Real Academia de Córdoba.

**ESTUDIO
ARQUEOASTRONÓMICO Y ARQUEOMÉTRICO
DE LA ARQUITECTURA RELIGIOSA DE BUJALANCE**

JOSÉ MARÍA ABRIL HERNÁNDEZ
Académico correspondiente

Introducción

Cuando observamos una iglesia desde el cielo podemos ver cómo su eje principal se orienta con respecto a los puntos cardinales, y medir el ángulo que forma con el Norte, denominado acimut. Esta orientación puede guardar significados que hasta ahora han permanecido poco estudiados.

Las Constituciones Apostólicas de los siglos III-IV constituyen las referencias escritas más tempranas, e indican que las iglesias se deben construir como naves alargadas, con la cabecera dirigida hacia oriente¹. Varias razones explicarían esta orientación²: la Divina Majestad dispuso el movimiento de los cielos desde el este; allí estaba situado el paraíso, el este es el símbolo de la luz espiritual, y el lugar desde donde se espera la segunda y gloriosa venida de Jesucristo (Mateo, xxiv. 27). El este podría entenderse de forma amplia como el lugar por donde se eleva el Sol, que en nuestra latitud geográfica cubre unos sesenta grados en el horizonte de levante. 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 este, al equinoccio (véase la revisión de Vogel et al.³, 1962, o el sumario de Gangui et al.⁴, 2014). Otras prácticas

¹ Las Constituciones Apostólicas, II, 7, LVII, <http://www.ccel.org/ccel/schaff/anf07.ix.iii.vii.html> (consultado en octubre, 2017).

² BENEDICTINE MONKS OF BUCKFAST ABBEY, 2017 [1927]. "The Laying of the Foundation-Stone of a Church". Catholic Culture.org [online]. <https://www.catholicculture.org/culture/library/Consultado en marzo, 2017>.

³ VOGEL, C., NEDONCELLE, M., BOTTE, B., DE BRUYNE, L., GRABAR, A., MARICHAL, R., MOHRMANN, C., "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

⁴ GANGUI, A., GONZÁLEZ GARCÍA, A.C., PERERA-BETANCORT, M.A., BELMONTE, J.A., "La orientación como una señal de identidad cultural: las iglesias

de orientación han podido coexistir con la anterior orientación canónica. Así, desde que en 1823 el poeta inglés William Wordsworth⁵ 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.

No obstante lo anterior, cada fábrica particular hubo de resolver el encaje del edificio en la parcela disponible, con los considerandos, entre otros, de estructuras arquitectónicas previas, la pendiente del terreno, los viarios preexistentes, los accesos y los detalles del diseño funcional del edificio⁶. La definición de equinoccio no siempre se ha correspondido con el concepto actual de equinoccio astronómico (declinación solar nula), pudiéndose aplicar, entre otros, el equinoccio canónico (25 de marzo), el punto medio espacial o temporal entre solsticios, el equinoccio griego (21 de marzo), la entrada del Sol en el signo de Aries, o la igual duración del día y la noche⁷. Durante la vigencia del calendario juliano, las referencias calendáricas habrían estado sujetas a la deriva asociada a la precesión de los equinoccios. En la actualidad, la estrella polar (α -UMi) nos permite localizar los puntos cardinales con razonable precisión, pero en el siglo III, por la precesión del eje de la Tierra, distaba más de 10° del polo norte celeste, y la separación aún era superior a los 3° a mediados del XVI, de modo que los *mareantes* que cruzaban el Atlántico aún necesitaban el apoyo de las *Guardas del Norte*⁸. La localización de los puntos cardinales podía resolverse con las técnicas de gnomónica descritas por Vitruvio en su *De Architectura* (escrita entre el 30 y el 15 AC), pero estos conocimientos no estaban al alcance de todos los maestros y canteros del mundo de la construcción⁹. La observación del orto solar sobre el horizonte local, contemplado desde el emplazamiento donde se ubicaría el altar y en la fecha del equinoccio u otra relevante, habría proporcionado

históricas de Lanzarote”. *Tabona: Revista de prehistoria y de arqueología*, ISSN 0213-2818, N.º. 20, 2013-2014, pp. 105-128.

⁵ 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.

⁶ GARCÍA-ORTEGA, A.J. *Traza de la planta en el modelo Parroquial Cordobés Bajomedieval*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. 2007.

⁷ GONZÁLEZ-GARCÍA, A.C., BELMONTE, J.A. “Which Equinox?” *Archaeoastronomy, The Journal of Astronomy in Culture* 20 (2006), pp. 97-107.

⁸ SIMÓN DE TOVAR. *Examen i censura por el doctor Simon de Tovar, del modo de averiguar las alturas de las tierras, por la altura de la estrella del norte, tomada con la ballestilla*. 1595. ark:/13960/t85j26k79

⁹ GARCÍA-ORTEGA, A.J. (2007). *Op. cit.*

un método práctico y simple para fijar la orientación del edificio de la iglesia. En definitiva, la formación de los constructores, los medios técnicos a su alcance, el desconocimiento o la laxitud en la observancia de la norma, y la multiplicidad de matices interpretativos, ha dado como resultado una distribución continua de orientaciones de iglesias, que cubren la práctica totalidad de los 360 grados de la línea de horizonte. Sólo el análisis estadístico de grupos amplios de iglesias puede revelar algunos patrones de orientación inequívocos. En lo que sigue se destacan algunos de estos estudios.

Blaauw¹⁰ (2012) estudió las primeras iglesias cristianas en Roma, concluyendo que en el siglo IV se prefirió orientar el ábside al oeste, aunque en los siglos siguientes las orientaciones al este y oeste fueron equivalentes. Más tarde, en el siglo IX, la orientación hacia el este se hizo dominante. Esta evolución estuvo ligada a los cambios en la orientación litúrgica¹¹.

Gangui et al.¹² (2014), compilando datos de la literatura especializada, publican el histograma de acimuts para un conjunto de 1274 iglesias medievales de Europa, que muestra una distribución monomodal con 27° de anchura a mitad de altura, y con su máximo ligeramente desplazado hacia el norte del equinoccio astronómico.

En Inglaterra, Benson¹³ (1956) encontró que la mayoría de las iglesias medievales de Oxfordshire habrían seguido el principio de orientación descrito por Wordsworth. En estudios posteriores, Ali y Cunich¹⁴ (2001) afirman que esta regla podría explicar el 43% de las alineaciones para el conjunto de 143 iglesias medievales de Inglaterra incluidas en su estudio. Sin embargo, los estudios de 183 iglesias realizados por Hoare y Sweet¹⁵ (2000), y los de aproximadamente 2.000

¹⁰ BLAAUW, S. L. "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, Milan: Jaca Book. 2012, pp. 15–45.

¹¹ BLAAUW (2012). *Op. cit.*

¹² *Op. cit.*

¹³ BENSON, H., "Church Orientation and Patronal Festivals". *Antiquaries Journal* 36 (1956), pp. 205–213. <https://doi.org/10.1017/S0003581500061102>

¹⁴ ALI, J. R., CUNICH, P. "The Orientation of Churches: Some New Evidence". *Antiquaries Journal* 81 (2001), pp. 155–193. <https://doi.org/10.1017/S0003581500072188>

¹⁵ HOARE, P. G., SWEET, C.S. "The Orientation of Early Medieval Churches in England". *Journal of Historical Geography* 26, 2 (2000), pp. 62–173. <https://doi.org/10.1006/jhge.2000.0210>

iglesias, realizados por Hinton¹⁶ (2010), encontraron que la mayoría de las iglesias no siguieron los patrones solares anteriores. Estos últimos autores encontraron una distribución continua de acimuts centrada alrededor de los 86°-88°, y con una desviación estándar de aproximadamente 12°.

Pérez Valcárcel¹⁷ (1998) estudió la orientación de 187 iglesias románicas del Camino de Santiago, concluyendo que la regla de Wordsworth estaba ausente. González-García y Belmonte¹⁸ (2015) encontraron resultados similares para 167 iglesias pre-románicas en la Península Ibérica, tal vez con la excepción de iglesias erigidas después del descubrimiento de la tumba del apóstol Santiago. En Eslovenia, Čaval¹⁹ (2014) encontró que el 7.5% de las iglesias del período románico estaban orientadas hacia el amanecer / atardecer en la fiesta de su santo titular. Una revisión de otros trabajos sobre la orientación de las iglesias en Europa puede encontrarse, entre otros, en los artículos de Yilmaz²⁰ (2012) y de González-García²¹ (2016). Estos estudios sobre la relación entre las construcciones antiguas y el cielo se enmarcan en el campo de la Arqueoastronomía²².

El sur de España fue el escenario para el encuentro de estudiosos latinos y árabes. Estos últimos habían preservado y mejorado muchos aspectos de la cultura clásica, especialmente la astronomía ptolemaica y la

¹⁶ HINTON, I. D. *Aspects of the Alignment and Location of Medieval Rural Churches*. PhD Diss., University of East Anglia. 2010.

¹⁷ PÉREZ VALCÁRCEL, J. “La orientación de las iglesias románicas del Camino de Santiago”. En *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, A Coruña*, F. Bores, J. Fernández, S. Huerta and E. Rabasa (Eds.). Madrid: I. Juan de Herrera, SEDHC, U. Coruña, CEHOPU. 1998, pp. 391-396.

¹⁸ GONZÁLEZ-GARCÍA, A. C., BELMONTE, J. A. “The Orientation of Pre-Romanesque Churches in the Iberian Peninsula”. *Nexus Network Journal* 17 (2015), pp. 353–377. <https://doi.org/10.1007/s00004-014-0231-7>

¹⁹ ČAVAL, S., 2015. “Church Orientations in Slovenia”. En *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, editado por C. L. N. Ruggles, 3 (2015), pp. 1719–1726. New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6141-8_175

²⁰ YILMAZ, M. “Historical Mosque Orientation in Turkey: Central-western Anatolia Region, 1150–1590”. *Journal of Historical Geography* 38 ,4 (2012), pp. 359–371. <https://doi.org/10.1016/j.jhg.2012.06.002>

²¹ GONZÁLEZ-GARCÍA, C. “La orientación de las Iglesias cristianas en Europa”. En *Primera Escuela Interamericana de Astronomía Cultural*, S.R. Giménez-Benítez y C. Gómez (Ed.). La Plata, Argentina. 2016. ISBN 978-950-34-13995.

²² MAGLI, G. *Archaeoastronomy: Introduction to the Science of Stars and Stones*. New York: Springer. 2015.

cosmología aristotélica²³. La orientación de las iglesias en este contexto geográfico e histórico había sido escasamente estudiada. En un reciente trabajo de este autor²⁴, 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). Cuando se representa la distribución de frecuencias encontramos iglesias orientadas en casi cualquier dirección, aunque con mayor densidad hacia el horizonte de levante. El hecho más sobresaliente es un pico muy intenso alrededor de los 75°; esto es, un grupo de iglesias (sobre el 10%) ha adoptado un patrón bien definido de orientación, que destaca claramente sobre la distribución continua de fondo. 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 juliano o gregoriano vigente en la fecha de su construcción). Un estudio estadístico similar, realizado con todas las iglesias parroquiales de España dedicadas a San Francisco de Asís, muestra en su distribución de frecuencias un pico alrededor de los 78.5°, que se corresponde con el punto del ocaso solar sobre el horizonte local en la festividad del santo titular. 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, y en esta última localidad también encontramos este patrón de orientación solar para su iglesia parroquial de San Francisco.

En el presente trabajo revisamos los principales resultados de nuestro estudio sobre las orientaciones de las iglesias de la Asunción y San Francisco en el sur de España²⁵. Para buscar nueva luz sobre los singulares patrones de orientación antes descritos complementamos el estudio con el análisis estadístico de la distribución de la orientación de las iglesias bajomedievales construidas *ex novo* en las principales ciudades de Andalucía después de la reconquista cristiana. Finalmente consideramos en detalle el estudio de caso de Bujalance, que se extiende a la ermita de Jesús Nazareno, la Iglesia del Hospital de San Juan de Dios,

²³ MCCLUSKEY, S. C. *Astronomies and Cultures in Early Medieval Europe*. Cambridge: Cambridge University Press. 2001.

²⁴ ABRIL, J.M. "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 (2017), pp. 29-47.

²⁵ ABRIL, J.M., 2017. *Op. cit.*

la conventual de las Carmelitas Descalzas, y a la arqueometría del conjunto.

Metodología

La metodología para la determinación de los acimuts, los cálculos astronómicos y el análisis estadístico ha sido presentada en detalle en el artículo publicado en JSA²⁶, por lo que solo se presentan aquí de forma sucinta las ideas principales.

Medidas angulares

El acimut de cada iglesia, A_z , medido positivo desde el Norte y en sentido horario, 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 los visores Iberpix, del IGN, y SIGPAC. La incertidumbre del posicionamiento, $\sigma_{x,y}$, es inferior a 0.5 m. El ángulo A_z se determina 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 propagado²⁷.

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*²⁸. La imagen del Sol sobre el horizonte local está sujeta al fenómeno de la refracción de la luz en la

²⁶ ABRIL, J.M., 2017. *Op. cit.*

²⁷ BEVINGTON, P. A., ROBINSON, D. K. *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences* (3rd edition). New York: McGraw-Hill. 2003.

²⁸ KOSOWSKY, M., 2012. *HeyWhatsThat* [online].<http://www.heywhatsthat.com/>. Consultado en noviembre de 2016 y octubre de 2017.

atmósfera, que se tiene en cuenta aplicando la fórmula de Bennett²⁹ para encontrar la altura angular con la que el punto central del disco solar se vería sobre el horizonte local, γ^* . Las relaciones angulares fundamentales entre los sistemas de coordenadas astronómicas horizontal y ecuatorial-horario, aplicados para un emplazamiento de latitud geográfica conocida, permiten resolver la declinación del Sol para la posición angular (A_z , γ^*), pero su traducción a fecha de calendario queda sujeta al año juliano y a la posterior reforma gregoriana.

Para testar la hipótesis de la alineación del eje de las iglesias al orto/ocaso solar en una fecha de calendario relevante (como la onomástica del santo titular en el tiempo de su fundación), resulta más conveniente determinar para esa fecha el valor de la declinación solar mediante la aplicación de cálculos astronómicos estandarizados, con apoyo de software específico, y usar γ^* para determinar el azimuth 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. Los detalles del cálculo de las incertidumbres asociadas a la determinación de A_S puede consultarse en Abril³⁰ (2017).

Para comparar los azimuths de la iglesia y el del orto solar debe tenerse en cuenta lo que denominamos “la incertidumbre del arquitecto”. Esto es, independientemente de la precisión con la que podamos medir/calcular los ángulos en la actualidad, 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. En la práctica se ha de aceptar un margen de tolerancia razonable ($\pm 2.5^\circ$ en el trabajo de Ali y Cunich³¹, 2001, o el más restrictivo de $\pm 1.3^\circ$ de Abril³², 2017).

²⁹ BENNETT, G. G. “The Calculation of Astronomical Refraction in Marine Navigation”. *Journal of Navigation* 35,2(1982), pp. 255–259. <http://dx.doi.org/10.7203/imago.5.2620>

³⁰ *Op. cit.*

³¹ *Op. cit.*

³² *Op. cit.*

Análisis estadístico I: alineamiento de iglesias parroquiales de la Asunción y San Francisco de Asís

Los registros de iglesias parroquiales de la Conferencia Episcopal Española³³ nos permiten localizar a todas las iglesias dedicadas a la Virgen de la Asunción en Andalucía, Extremadura, y los obispos de Ciudad Real, Albacete, Cartagena y Orihuela. La selección de la muestra incluye el caso de estudio (Bujalance), es sistemática (barre de sur a norte la geografía peninsular), lo suficientemente grande (168 iglesias –del orden o mayor que otros estudios citados en la introducción–), y con un contexto geográfico e histórico común (la zona estudiada aproximadamente coincide con el dominio musulmán a mediados del siglo XII). En la figura 1 se ofrece la distribución geográfica de la muestra.

La lista de iglesias parroquiales de San Francisco de Asís es más escasa (94 en toda España), pues muchas desaparecieron en el XIX con el proceso de exclaustación; y de las existentes, un buen número son iglesias construidas en el siglo XX, limitándose en muchos casos a pequeños espacios dentro de grandes edificios, bloques de apartamentos o casas rurales. Para este estudio se han podido identificar 72 iglesias, que se han subdividido en dos grupos: las anteriores al siglo XX (40), y las posteriores (32).

Para todas las iglesias estudiadas se ha revisado la documentación histórica disponible en archivos oficiales de acceso online. Los cambios de dedicación identificados son muy escasos (como el de la iglesia de Alfacar, antes Santa María de los Ángeles), y no comprometen el resultado del análisis estadístico.

Los correspondientes histogramas de frecuencias relativas se han construido con una función de distribución de densidad Kernel Epanechnikov³⁴ con ayuda del software MATLAB³⁵.

³³ CONFERENCIA EPISCOPAL ESPAÑOLA, 2016. Parroquias de cada diócesis [online]. Consultado en junio de 2016, <http://www.conferenciaepiscopal.nom.es/parroquias/>

³⁴ GONZÁLEZ-GARCÍA, A. C., BELMONTE, J. A., 2015. Op. Cit.

³⁵ Mathworks. 2016. MATLAB v. R2010b [online]. <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

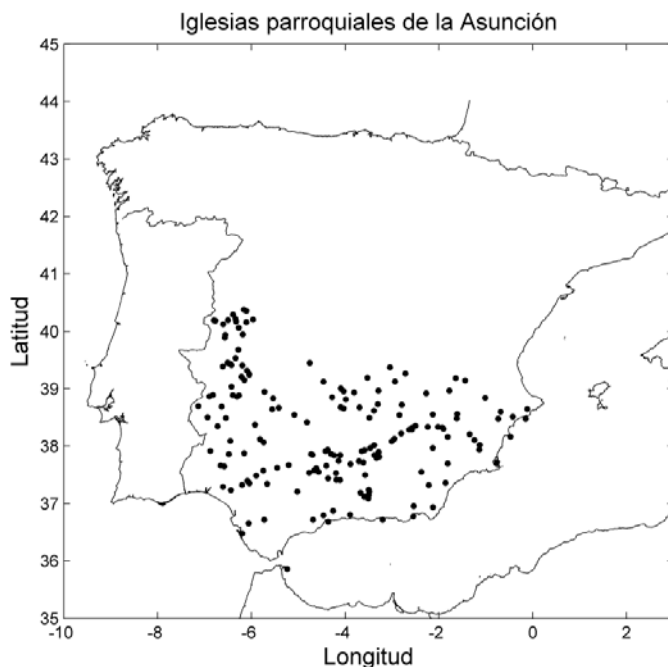


Figura 1. Distribución geográfica de la muestra de iglesias parroquiales de la Asunción estudiada en este trabajo (N=168).

Análisis estadístico II: alineamiento de iglesias bajomedievales en las principales ciudades de Andalucía

En un segundo estudio abordamos los patrones de orientación de las primeras iglesias cristianas levantadas *ex novo* tras la reconquista cristiana. García Ortega³⁶ (2007) presenta un análisis detallado del contexto en el que se erigieron estas iglesias en Andalucía, aunque con especial foco en la ciudad de Córdoba y su provincia. Buena parte de ellas se ubicaron en emplazamientos de anteriores mezquitas, reutilizando en ocasiones el alminar, ahora reconvertido en torre, u otros elementos arquitectónicos, o bien haciendo tabla rasa. En los primeros casos, la orientación de la iglesia resulta de una rotación de aproximadamente 90° hacia el norte de la dirección de la quibla de la anterior mezquita. Tras la reconquista, el territorio y las ciudades habían quedado muy despoblados, facilitando la agrupación de parcelas urbanas. En cuanto a los arquitectos, García Ortega indica que en la mayoría de los casos fueron maestros de segunda fila, con

³⁶ *Opus cit.*

un conocimiento práctico del oficio pero con poca formación ni interés en aspectos teóricos de la arquitectura. La organización de las parroquias no implicó la construcción inmediata de las iglesias *ex novo*, lo que se demoró hasta el último tercio del siglo XIII en Córdoba, siendo aún más tardías en Sevilla, donde se iniciaron tras el gran terremoto de 1356.

Para este trabajo la muestra seleccionada incluye las iglesias de periodo bajomedieval de las principales ciudades de Andalucía, sin discriminación por dedicaciones. Las ciudades seleccionadas son las recogidas en el trabajo de Ladero Quesada³⁷ (1987): Sevilla, Jerez de la Frontera, Écija, Carmona, Córdoba, Úbeda, Baeza, Jaén y Andújar. Obviamente no se incluye el reino musulmán de Granada. El listado de iglesias aparece en la obra citada, pudiendo cotejarse con otros inventarios accesibles online, y comprende un total de 67 iglesias. La medida de sus acimuts se ha realizado como se indica en la sección 2.1. Alfonso Jiménez³⁸, en su trabajo “La Quibla Extraviada” compila medidas de la dirección de la quibla para un amplio conjunto de mezquitas, de las que se han seleccionado las 43 ubicadas en provincias andaluzas. Los histogramas de frecuencias se han determinado para ambas muestras siguiendo los procedimientos indicados en la sección 2.2.

Resultados y discusión

Análisis estadístico I: alineamiento de iglesias parroquiales de la Asunción y San Francisco de Asís

Las tablas con los resultados de las medidas de los acimuts de las iglesias parroquiales dedicadas a la Asunción y a San Francisco de Asís en las muestras estudiadas (véase la sección 2.2) han sido previamente publicadas³⁹, y resultan accesibles online⁴⁰. La figura 2 muestra el histograma de frecuencias para las iglesias de la Asunción. La mayoría de las iglesias (62%) están dentro del rango del orto solar (aproximadamente 60°-120°), y el resto aparece distribuido en grupos dispersos de baja frecuencia. Las mayores densidades se agrupan en torno a tres picos o

³⁷ LADERO QUESADA, M.A. “Las ciudades de Andalucía occidental en la Baja Edad Media: sociedad, morfología y funciones urbanas”. En *La Ciudad Hispánica siglos XIII al XVI*. Edit. Universidad Complutense. Madrid. 1987, pp. 69-107.

³⁸ JIMÉNEZ, A. “La Quibla Extraviada”. *Cuadernos de Medinat Al-Zahra* 3 (1991), pp. 189-209.

³⁹ ABRIL, J.M., 2017. Op. cit.

⁴⁰ <https://journals.equinoxpub.com/index.php/JSA/article/view/34232>

atractores, centrados en 75° (el mayor de ellos), 90° (el equinoccio astronómico) y 58°.

El atractor de 90° se explica por la denominada orientación canónica (véanse citas en la introducción). El significado del *atractor* de 58°, sobrepasando ligeramente el solsticio estival, queda menos claro, aunque González-García y Belmonte (2015), en su estudio de 164 iglesias del pre-Románico en España, encontraron que la mayor concentración de orientaciones se daba hacia el este, pero con un máximo secundario alrededor de los 60°. Podría argumentarse que estos acimuts proceden de una rotación de 90° de la quibla de antiguas mezquitas, aunque en la muestra estudiada sólo la Catedral de Córdoba y la iglesia de Cogollos Vega corresponden, en esta región de acimuts, a casos documentados de anteriores mezquitas. Alternativamente puede considerarse que, más que un pico en 58°, lo que se da es una cierta depresión en la distribución continua alrededor de los 62-64°, posiblemente relacionada con la recomendación de evitar la orientación del solsticio estival⁴¹.

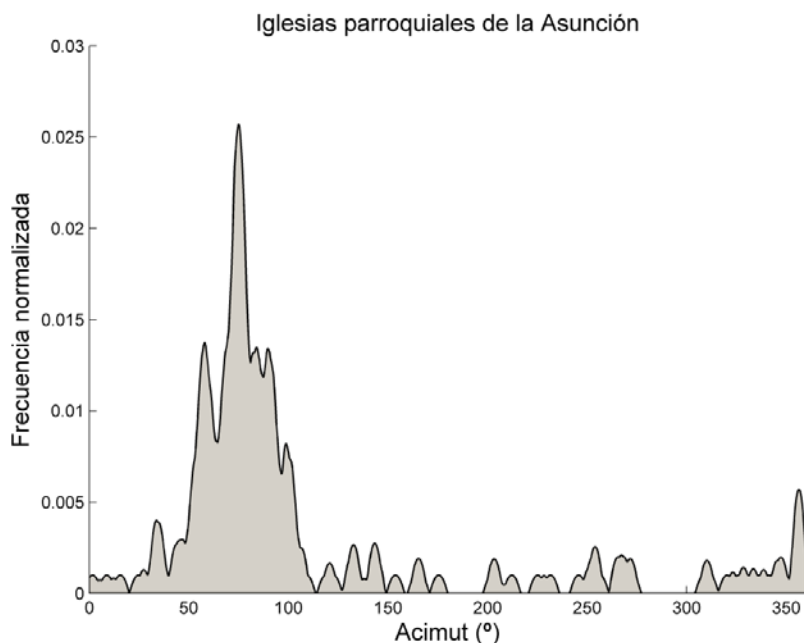


Figura 2. Histograma de frecuencias para las iglesias parroquiales de la Asunción (N=168, definición de la muestra en la sección 2.2), con distribución de densidad Kernel Epanechnikov con resolución de 0.5° y 2° de anchura de banda.

⁴¹ GUILLERMO DURANDO (ss. XII-XIII), citado por Gangui et al. (2014), *Op. cit.*

El resultado más destacado es, sin duda, el pico principal alrededor de los 75°, para el que no existen precedentes conocidos. En el trabajo publicado en JSA⁴² se discuten y descartan diversas hipótesis explicativas, como la influencia del tramado urbano de las ciudades en época romana, ajustadas a las reglas de Vitruvio, la influencia de los vientos dominantes (usando mapas de potencia del viento en la península, publicados por el Ministerio de Industria y Energía), la rotación de 90° de la quibla de antiguas mezquitas, o las fechas principales de la cosecha⁴³.

La presencia de este pico se explica razonablemente bien con la hipótesis de la orientación de las iglesias al orto solar sobre el horizonte local en la onomástica de la Virgen de la Asunción (15 de agosto), en la fecha de su fundación. Aplicando los principios del análisis espectral, el pico se superpone a una distribución continua de fondo, por lo que solo el área neta superpuesta a dicho fondo aporta un significado singular. Dicho de otro modo, del conjunto de las 25 iglesias con acimuts en el rango 74.2°–78.6° (la integral bajo pico), algunas orientaciones se explicarían por azar (más propiamente, por seguir la distribución continua de fondo), y el resto constituiría la expresión de un criterio de diseño singular y con significancia estadística. El estudio de detalle se resume en la Tabla 1, donde se compara la orientación de las iglesias con el orto solar en la onomástica de la Asunción. Un total de 17 iglesias de la Asunción satisfacen el criterio dentro de un rango de $\pm 1.3^\circ$ para la aceptación de la hipótesis de orientación solar (más restrictivo que el de $\pm 2.5^\circ$ usado por Ali y Cunich⁴⁴, 2001), y 13 de ellas presentan una desviación menor que $\pm 1.0^\circ$.

Tabla 1. Acimut solar sobre el horizonte local para el conjunto de iglesias de la Asunción y San Francisco de Asís en el rango de los picos mayores de 75° y 78.5°.

Localidad	Fundación	φ (°)	λ (°)	A_z (°)	γ (°)	A_s (°)	Δ (°)
<i>Iglesias parroquiales de la Asunción ($A_z \rightarrow$)</i>							
Osuna	XVI	-5.1007	37.2375	74.2	2.2	77.7	3.5
Yeste	XV- XVI	-2.3187	38.3663	76.4	0.4	75.7	-0.7
Bujalance	1530-1550	-4.3829	37.8967	75.7	1.2	76.7	1
Castro del Río	XIV	-4.4813	37.6905	75.9	1.9	76.7	0.8
Benatae	XV	-2.6509	38.3536	76.4	10.3	83.8	7.4

⁴² ABRIL, J.M., 2017. *Op. cit.*

⁴³ HINTON, 2010. *Op. cit.*

⁴⁴ *Op. cit.*

Localidad	Fundación	φ (°)	λ (°)	A_z (°)	γ (°)	A_s (°)	Δ (°)
Campanario	Finales del XV	-5.6173	38.8633	74.6	0.4	75.6	1
Cúllar Vega	1532	-3.6716	37.1512	76.8	2.3	78	1.2
Zarza de Granadilla	XVII (G)	-6.0471	40.2379	76.2	4	75.1	-1.1
Montehermoso	XVI	-6.3498	40.0887	76.1	1.7	76.8	0.7
Arroyo de la Luz	XV-XVI	-6.5851	39.4841	75.8	0.3	75.4	-0.4
La Nava de Santiago	XVI-XVII (G)	-6.5058	39.0622	75.4	1	72.4	-3
Villarreal	XVII? (G)	-7.2141	38.7259	75.9	0.9	76.6	0.7
Segura de León	1299	-6.5291	38.1202	75.9	0	75	-0.9
Albaida del Aljarafe	XIV-XV (R. XVIII)	-6.1663	37.4272	75.2	0	75.5	0.3
Lezuza	XVI	-2.3532	38.949	74.6	1.6	76.9	2.3
Rus	~1570	-3.4617	38.0473	74.5	7.6	82.1	7.6
Molina de Segura	XVIII (G)	-1.2114	38.0505	78.1	2.2	75.5	-2.6
Cabra	XIII (R. XVII)	-4.4448	37.4692	72.3	6.4	80.2	7.9
La Parra	Early XV	-6.6252	38.5209	74.7	0	75.2	0.5
Manzanares	XIV-XV	-3.3723	38.9965	76.7	0.4	75.6	-1.1
Campo de Criptana		-3.1257	39.4056	76.8	1.4	76.8	0
Puebla del Príncipe		-2.9247	38.5679	74.6	0.4	75.6	1
Ahigal	XIII-XIV	-6.1875	40.1901	74.4	2.6	75.1	0.7
Cañete de las Torres	XV-XVI	-4.3174	37.8673	78.4	1.9	77.1	-1.3
Alcolea de Calatrava	XVI	-4.1158	38.9870	78.6	0	75.5	-3.1
<i>Iglesias parroquiales de San Francisco de Asís ($A_z \leftarrow$)</i>							
Bujalance	1530-1540	-4.3806	37.8958	258.2	1.7	258.8	0.6
Martos	XVI	-3.9703	37.7219	259.2	0	260.2	1
Linares	XVI	-3.6319	38.0947	258.6	0	260.2	1.6
Villanueva de Serena	1575	-5.7951	38.9731	257.5	1.8	258.4	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 (Asunción) o el ocaso (San Francisco) sobre el horizonte local en la fecha de fundación, A_s , y la diferencia $\Delta = A_s - A_z$. Los acimuts se miden hacia el ábside para las parroquias de la Asunción ($\rightarrow$), y en sentido inverso para las de San Francisco de Asís ($\leftarrow$). Para la estimación de A_s se usa el punto central del rango de fechas para la fundación (las fechas de las mayores reformas conocidas, y que probablemente preservaron la orientación, se dan entre paréntesis). Las fechas de calendario gregoriano aparecen indicadas (G), aplicándose el calendario juliano para el resto. Las incertidumbres en las magnitudes angulares (1σ) son $\leq 0.7^\circ$.

El histograma de frecuencias para las iglesias de San Francisco de Asís puede consultarse en Abril⁴⁵ (2017). El resultado más destacable es un pico principal alrededor de los 78.5°, que se explica razonablemente con la hipótesis de una orientación al ocaso solar sobre el horizonte local en la festividad del santo titular, como se demuestra en el estudio detallado recogido en la Tabla 1. También en la referencia citada puede consultarse el test estadístico que demuestra que esta orientación es diferente a la de la Asunción, a un nivel de confianza del 90%.

Los primeros casos documentados de esta práctica de orientación de las iglesias de la Asunción serían los de Segura de León y Castro del Río, de finales del XIII o principios del XIV, y se habría extendido hasta el siglo XVII, sobreviviendo a la implantación del calendario gregoriano. La distribución geográfica de las iglesias que satisfacen los criterios de orientación solar se muestra en la figura 2. En la provincia de Córdoba destaca el grupo de las poblaciones de Bujalance, Castro del Río y Cañete de las Torres, que serán objeto del estudio de detalle en la sección 3.3.

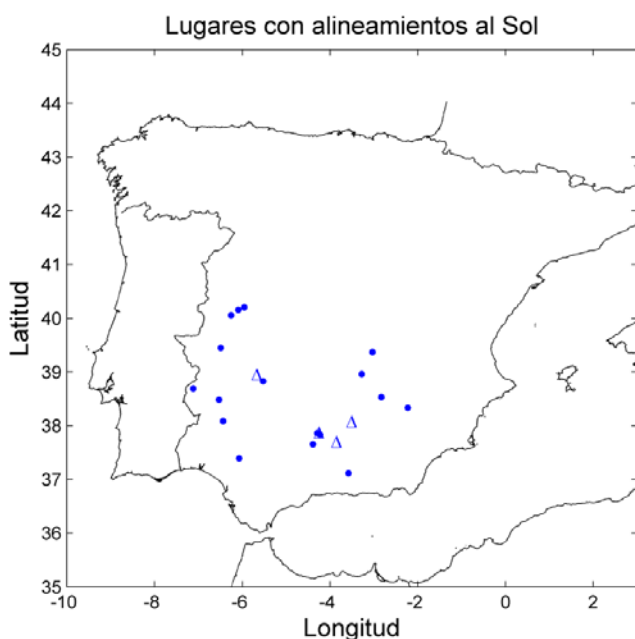


Figura 3. Distribución geográfica de las iglesias parroquiales de la Asunción (puntos) y San Francisco de Asís (triángulos) con alineaciones al orto/ocaso solar (véase detalle en la Tabla 1).

⁴⁵ *Op. cit.*

Análisis estadístico II: alineamiento de iglesias bajomedievales en las principales ciudades de Andalucía

En la tabla 2 se recoge el listado de las iglesias bajomedievales de las principales ciudades de Andalucía incluidas en este estudio, junto con el resultado de la medida de sus acimuts. En la figura 4 se representa el correspondiente histograma de frecuencias, comparado con la distribución de los acimuts de quiblas de mezquitas de las ciudades andaluzas reportado por Jiménez⁴⁶ (1991). En términos generales el histograma para las iglesias muestra un alto grado de solapamiento con la distribución ortogonal a la quibla de las mezquitas, con algunas singularidades: i) por una parte la distribución es más estrecha, evitándose, aunque con algunas excepciones, desviaciones excesivas respecto del cardinal Este; ii) destaca un pico prominente alrededor de los 85° ; iii) puede hablarse de una cierta zonificación de patrones, al menos en el caso del pico aislado alrededor de los 42° que comprende cinco iglesias de Jerez de la Frontera (San Lucas, San Juan de los Caballeros, San Mateo, Santiago y Santo Domingo), si bien es de notar que este acimut está fuera del rango del orto solar.

Tabla 2. Iglesias bajomedievales de las principales ciudades de Andalucía¹, con la determinación de su acimut².

Iglesia	A _Z (°)	Iglesia	A _Z (°)
CÓRDOBA		SEVILLA	
La Magdalena	80.5	Santa Ana de Triana	62.0
San Pedro	88.0	San Gil	84.5
San Nicolás de la Villa	79.0	Santa Catalina	62.6
Santiago	95.0	Santa Marina	77.0
San Lorenzo	55.0	Omnium Sanctorum	75.5
San Andrés	84.6	San Andrés	84.0
San Pablo	86.5	San Marcos	90.4
San Miguel	75.0	San Esteban	102.0
San Agustín	66.0	San Román	61.3
San Francisco	74.8	San Pedro	85.5
Santo Domingo de Silos	87.0	San Isidoro	99.0
Santa Marina	58.8	San Lorenzo	83.5

⁴⁶ Op. cit.

JEREZ DE LA FRONTERA		San Julián	102.4
San Dionisio	70.4	San Martín	84.0
San Lucas	42.9	San Sebastián	98.0
San Juan de los Caballeros	43.9	San Vicente	92.2
San Marcos	73.3	San Juan de la Palma	85.4
San Mateo	43.3	Santa Lucía	64.3
San Miguel	77.4	UBEDA	
Santiago	40.0	Santa María del Alcázar	84.1
Santo Domingo	39.1	San Pedro	74.6
Catedral San Salvador	138.0	San Pablo	83.2
CARMONA		San Lorenzo	79.7
San Bartolome	73.0	Santo Domingo	86.8
San Felipe	84.5	San Isidoro	84.8
San Francisco	257.2	San Nicolás	84.0
Santa María	245.5	San Millán	68.0
Ermita de San Mateo	55.4	BAEZA	
Iglesia San Pedro	72.0	Santa Cruz	95.8
Iglesia Santiago	71.1	San Pedro	93.2
ÉCIJA		El Salvador	71.6
Iglesia de Santa Cruz	67.0	JAÉN	
Iglesia de San Francisco	67.9	San Ildefonso	60.6
Iglesia de San Gil	56.5	San Andrés	66.0
Iglesia de Santiago	56.3	San Bartolomé	82.4
ANDÚJAR		San Juan Bautista	67.6
Santa Marina	98.6		

¹ De acuerdo con el estudio de Ladero Quesada, M.A., 1987.

² Las incertidumbres asociadas (1σ) son inferiores a 0.7° .

El pico de 85° no puede explicarse por el forzado arquitectónico de mezquitas preexistentes, y puede adscribirse a un patrón inequívoco de diseño. Este acimut está muy próximo al orto solar en el equinoccio canónico (25 de marzo), que a finales del XIII se producía con un acimut de 84° (cálculo sobre horizonte plano). El equinoccio griego (21 de marzo) se produciría en esas fechas alrededor de los 86° . El efecto de una cierta altura angular del horizonte se traduce en un desplazamiento hacia el sur (y entonces un incremento del valor del acimut) del orto solar.

Estos resultados muestran, por una parte, que el patrón de orientación de 75° para las iglesias de la Asunción no es en absoluto de aplicación

general a iglesias con otras dedicaciones, y que el pico de 85° encontrado en la muestra de la Fig. 4 apunta a que en un número significativo de casos se prestó atención a referencias muy específicas en el ciclo anual del Sol, presumiblemente la observación del orto solar sobre el horizonte local en la fecha del equinoccio canónico romano.

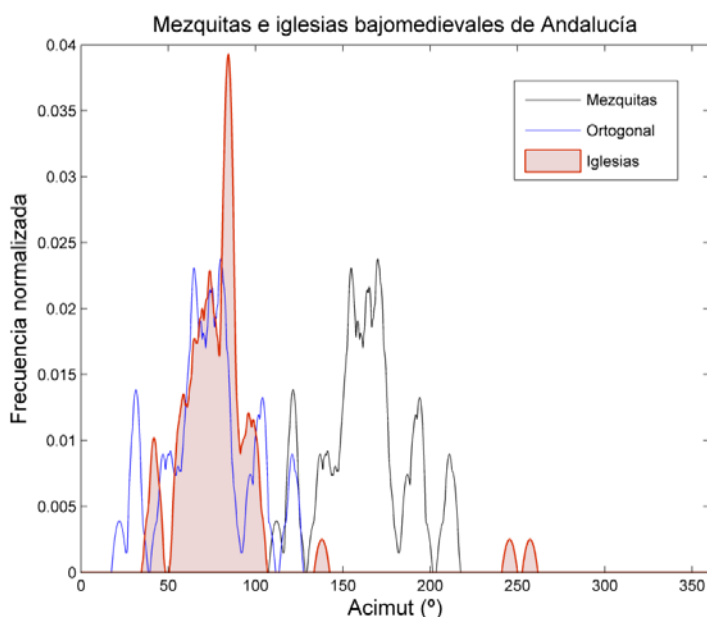


Figura 4. Histograma de frecuencias para las iglesias bajomedievales incluidas en este estudio (Tabla 2), comparado con la distribución de los acimuts de quibla de las mezquitas de Andalucía reportadas en el trabajo de Jiménez⁴⁷ (1991). A efectos de comparación se representa la distribución resultante de aplicar a ésta última un giro de 90° (en sentido antihorario).

Estudio arqueoastronómico y arqueométrico de la arquitectura religiosa de Bujalance

Los resultados anteriores muestran que en la zona geográfica estudiada del sur de España, y tras la reconquista cristiana, un grupo reducido (alrededor del 10%), pero estadísticamente significativo, de iglesias dedicadas a la Virgen de la Asunción, se orientó con acimuts muy próximos al del orto solar sobre el horizonte local en la festividad de la

⁴⁷ *Op. cit.*

Asunción en la fecha de su fundación (con el calendario vigente en ese momento). Aunque con una estadística más pobre, algunas iglesias dedicadas a San Francisco de Asís han podido orientarse hacia el ocaso solar sobre el horizonte local en la festividad del santo patrón. Otras referencias solares muy específicas, como el orto solar en la fecha del equinoccio canónico romano, habrían estado presentes en un grupo significativo de iglesias bajomedievales construidas *ex novo* en las principales ciudades de Andalucía. Es en este contexto en el que se aborda el estudio de caso de Bujalance.

La orientación de las iglesias de Bujalance

Dentro de la provincia de Córdoba, las poblaciones de Bujalance, Castro del Río y Cañete de las Torres tienen iglesias dedicadas a la Asunción que se ajustan al singular patrón de orientación al orto solar en su festividad (véase la Tabla 1).

En Bujalance, además, la iglesia parroquial de San Francisco de Asís (de la primera mitad del XVI) presenta una orientación compatible con el ocaso solar en la festividad del santo patrón (4 de octubre, en calendario juliano vigente en su fundación). En ese momento, los últimos rayos del sol poniente cruzan el rosetón del pórtico e inciden en el muro del presbiterio, iluminando la imagen del santo que lo preside en la actualidad (originariamente habrían iluminado la zona central del retablo). El templo fue devastado por un incendio en 1936, y reconstruido posteriormente, preservando lo esencial de su configuración arquitectónica. El actual rosetón del pórtico sustituye a una ventana rectangular que estaba situada a una cota algo más baja. No obstante, el fenómeno de iluminación es una mera consecuencia de la orientación del edificio y de la existencia de una apertura sobre el pórtico. Puesto que los rayos de sol inciden paralelos entre sí, y casi rasantes en el ocaso (formando un ángulo de 1.7° con la horizontal, en este caso), tanto en la configuración actual como en la originaria, los rayos de luz habrían alcanzado el muro frontal del presbiterio. La diferencia de cotas entre las zonas iluminadas sería la misma que la existente entre el rosetón y la antigua ventana. Fenómenos de iluminación similares han sido descritos por Mendoza⁴⁸ para la misión franciscana de San Juan Bautista, en California, pero en este caso ocurren

⁴⁸ MENDOZA, R. G. "Sacrament of the Sun: Eschatological Architecture and Solar Geometry in a California Mission". *Journal of the California Mission Studies Association* 22, 1(2005), pp. 87–110.

en el solsticio de invierno. También se han documentado fenómenos de iluminación del altar durante la fiesta patronal en iglesias del norte de Italia⁴⁹. Por otra parte, la orientación de iglesias hacia el ocaso solar en la onomástica del santo titular ha sido descrita también por otros autores⁵⁰.

La iglesia de la Asunción de Castro del Río conserva una estrecha ventana en el centro del muro de su presbiterio, que, dado su alineamiento al orto solar, habría producido un singular efecto de iluminación en el amanecer de la festividad de la Virgen de la Asunción. Hoy en día el efecto está bloqueado por construcciones más recientes. Esta circunstancia podría haber sido conocida en las poblaciones vecinas, pero no parece que éste haya sido el motivo por el que las fábricas posteriores de las iglesias de la Asunción en Cañete de las Torres y Bujalance hubiesen adoptado el mismo patrón de orientación hacia el orto solar, toda vez que estos edificios no conservan (si alguna vez tuvieron) ventanas absidales, ni consta referencia histórica alguna sobre estos fenómenos de iluminación.

En 1580 comenzaron los trabajos en el cerro de la Lobera de Bujalance para la construcción de la ermita de Nuestro Padre Jesús Nazareno⁵¹. La ermita sufriría importantes reformas posteriores, sin que haya constancia de que éstas hubiesen alterado su orientación original, que muestra un acimut de $90.7 \pm 0.6^\circ$, en muy buen acuerdo con el equinoccio astronómico (90°). Es de notar que la reforma gregoriana del calendario se aprobó el 14 de septiembre de 1580 (la comisión de estudios se había constituido en la década de 1570), para implantarse en octubre de 1582. Una orientación de la ermita hacia el orto solar en la festividad de primero de enero habría perdido su significado por el desplazamiento de 10 días en fechas introducido por la reforma del calendario. Una orientación al equinoccio astronómico es también una característica ciertamente notable, como se infiere del análisis de los histogramas de las figuras 2 y 4. En esta fecha, los progresos en la astronomía y la navegación presumiblemente habrían hecho más popular la determinación del cardinal Este, por ejemplo mediante el uso de la sombra de un gnomon.

⁴⁹ SPINAZZÈ, E. The alignment of medieval churches in northern-central Italy and in the Alps, and the path of light inside the church on the patron saint's day. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 16,4(2016), pp. 455-463.

⁵⁰ ALI, J. R., CUNICH, P., 2001. Op. cit.

⁵¹ CASTRO, C., 1647. *Historia Eclesiástica y Seglar de la Colonia Betis, ahora Ciudad de Bujalance*. Madrid: Sancha.

En 1664 la orden hospitalaria de San Juan de Dios se instala en Bujalance, en el lugar antes ocupado por el hospital del Corpus Christi⁵². Este contaba con una pequeña iglesia, que fue bendecida el 9 de octubre de 1548 por el obispo de la ciudad de Asunción de Indias, D. Fr. Juan de los Barrios, por comisión del obispo de Córdoba⁵³. Las obras del nuevo hospital requirieron la anexión de casas vecinas, y nada quedó del antiguo, según Juan Santos⁵⁴, un miembro de la orden: “Hoy no permanece cosa alguna del antiguo hospital porque todo es nuevo, uno el cuerpo de la iglesia, porque la capilla mayor es nueva, grande, muy clara, labrada a lo moderno y pintada con todo primor”. La epigrafía del pórtico de la entrada del hospital indica el año 1670, probable fecha de finalización de las obras. Aunque el proceso de beatificación de San Juan de Dios había comenzado en 1622-1626, no sería canonizado hasta 1690, con posterioridad a la construcción del hospital y su iglesia, por lo que no podría haber sido éste el santo titular. Juan Santos registró que la iglesia estaba dedicada al Corpus Christi⁵⁵, si bien podría tratarse de una referencia al anterior hospital. En España solo hay 15 iglesias parroquiales con esta dedicación, de un total de 22728 que integran los registros de la Conferencia Episcopal Española. Martínez-Mejías reproduce una cita de 1792 del Vicario de Bujalance, que afirma que la iglesia fue consagrada por el obispo D. Juan de los Ríos⁵⁶, pero éste no pertenece a la nómina de obispos de Córdoba, y tampoco lo hemos podido localizar en otros episcopados, y bien pudiera tratarse de una mala transcripción de D. Juan de los Barrios, el obispo que en 1548 bendice la iglesia del hospital del Corpus Christi. De acuerdo con Ramírez de las Casas-Deza⁵⁷, que escribe en 1840, el altar principal estaba presidido por la Virgen de los Remedios. Francisco de la Torre⁵⁸ reproduce un inventario fechado en abril de 1833, en el que se indica: “Este [el altar mayor] se compone de retablo, tallado y dorado con tres

⁵² MARTÍNEZ-MEJÍAS, F. “La Fundación ‘Hospital San Juan de Dios’ de Bujalance”. *Crónica de Córdoba y sus pueblos* 7 (2001), pp. 155–172.

⁵³ RAMÍREZ CASAS-DEZA, L. M., 1840. O. cit., pp. 215-216.

⁵⁴ SANTOS, J. *Cronología Hospitalaria y resumen historial del glorioso patriarca San Juan de Dios*, vol. 2. Madrid: Orden Hospitalaria de San Juan de Dios. 1977 [1716].

⁵⁵ *Op. cit.*

⁵⁶ MARTÍNEZ-MEJÍAS, F., 2001. P. cit., pp. 161-162.

⁵⁷ RAMÍREZ CASAS-DEZA, L. M. *Corografía histórico-estadística de la provincia y obispado de Córdoba*, vol. 1. Córdoba: Imprenta de Noguér y Manté. 1840.

⁵⁸ DE LA TORRE RODRÍGUEZ, F., 2005. “Panorámica general de la Provincia de Nuestro Padre San Juan de Dios, de Granada, en vísperas de la Exclaustración de 1835: Exclaustración y Orden Hospitalaria: estado de la cuestión (II)”. En *Archivo Hospitalario*, revista de historia de la Orden Hospitalaria San Juan de Dios, 3: 17-414.

lienztos en la coronación y en el camarín está nºa. Sª. de los Remedios". Su festividad se celebra en octubre. En 1575 el Papa Gregorio XIII concede a la iglesia de los Trinitarios de Valencia la celebración de Nuestra Señora de los Remedios el 7 de octubre. En el XVIII se celebraba el segundo domingo de octubre, y en la actualidad los Trinitarios la celebran el 8 de octubre. El 10 de octubre es otra fecha que se encuentra como referencia para esta onomástica.

La iglesia del hospital de la orden de San Juan de Dios tiene 24 metros de longitud, y está orientada a poniente, con un acimut de $261.6 \pm 0.9^\circ$. Sin incluir corrección por la altura angular del horizonte, este acimut resulta próximo al ocaso solar del 7 de octubre (262.9° , diferencia 1.3°), la festividad de la Virgen de los Remedios. El acuerdo mejora sensiblemente si se considera la altura angular del horizonte, de 0.5° a partir del modelo digital del terreno, si bien pudiera ser mayor por el entorno urbano (la diferencia se reduce en 0.8° para $\gamma_s \sim 1^\circ$). Cabe notar que el Sol vuelve a pasar por la misma posición, de regreso de su parada solsticial de invierno, y el 8 de marzo (la festividad de San Juan de Dios, que nació y murió un 8 de marzo), su acimut al ocaso es de 262.7° (para $\gamma_s \sim 1^\circ$). El resultado es sugerente, pero queda abierta la tarea de documentar más fehacientemente la dedicación de esta iglesia. En todo caso, esta construcción viene a aportar otra notable singularidad al conjunto de la arquitectura religiosa de Bujalance, como se discute algo más adelante.

La iglesia del Carmen, en el convento de los Carmelitas Descalzos, se perdió en el siglo pasado. Esta orden religiosa se estableció en Bujalance en 1597, levantando su convento en el lugar de la antigua iglesia de la Virgen del Rosario. A partir de fotografías y planimetrías del siglo XX, cotejadas con el solar y los viarios, podemos inferir que la iglesia estuvo orientada hacia el noroeste, con un acimut de unos 320° , fuera del rango de los ocasos solares.

El monasterio de San José y Santa Teresa, de Carmelitas Descalzas, se fundó a principios del XVIII. Las obras de su iglesia conventual comienzan en 1766, finalizando en 1772, y estuvieron a cargo del arquitecto local D. Alonso Pérez de Palomino⁵⁹, aunque su traza sería de Fray Acisclo de San Rafael. La iglesia está orientada hacia el norte, con un acimut de $354.2 \pm 0.5^\circ$, también fuera del rango solar. Resulta al menos curioso que si se traza la línea que une esta iglesia con el templo

⁵⁹ NAVARRO, A., VILLA, J., LÓPEZ, M., MANZANO, L., CAÑETE, R., LEÓN, J., *San Juan en Bujalance*. Depto. Legal Co-1370/90.

fundacional de la orden, la iglesia del convento de San José, en Ávila, el rumbo que se calcula es muy próximo, de 355.1°.

El alineamiento de los campanarios

En agosto de 2013 se realizó una campaña para la medida de la inclinación de la torre de la iglesia de la Asunción de Bujalance, que incluyó la determinación de las coordenadas de la base de las veletas emplazadas en las torres de la Asunción y San Francisco, y en el campanario de la iglesia del hospital de San Juan de Dios. Los resultados se presentan en la Tabla 3. En proyección plana, los tres puntos definen una línea recta con una significancia estadística superior al 95% ($p < 0.0025$).

Como demuestran Williamson y Bellamy⁶⁰ en su libro “*Ley Lines in Question*”, en un grupo de puntos distribuidos al azar en un plano, siempre existe cierta probabilidad de identificar alineaciones. Lo mismo ocurre con un grupo de iglesias o de cualesquiera otras estructuras. Estas alineaciones no tendrían, por tanto, nada de extraordinario, particularmente si no se es muy exigente con “el tamaño” de los puntos y la precisión matemática de los alineamientos. En el caso que nos ocupa, la precisión del alineamiento es ciertamente notable, pero, además, la proporción entre la longitud total del segmento AC y su fracción mayor, AB, ambas en proyección plana (véase la nomenclatura de los puntos en la Tabla 3), coincide con la raíz cuadrada de 2 hasta su tercera cifra decimal (1.415. frente a 1.414...). Este sí es un hecho extraordinario, y la interpretación habitual es atribuirlo al diseño intencionado del arquitecto.

Tabla 3. Medida¹ de las posiciones relativas de las veletas situadas en los tres campanarios: Asunción, San Francisco y San Juan de Dios.

Campanario	X (m)	Y (m)	Z (m)
(A) Iglesia de la Asunción	-32.464	-109.055	41.419
(B) Iglesia en San Juan de Dios	60.129	19.016	0.514
(C) Iglesia de San Francisco	98.145	72.527	11.672

¹ Coordenadas relativas a un teodolito emplazado en el tejado del hotel (37.8971°N, 4.3814°W). Medidas realizadas en Agosto de 2013 (Ramírez-Muñoz, 2013; comunicación personal). Error instrumental: 3 mm + 2ppm.

⁶⁰ WILLIAMSON, T., BELLAMY, L. *Ley Lines in Question*. 1983. ISBN: 9780437192059

El comienzo de las obras de la torre de la Asunción data de 1611, según consta en los libros de Visitas Generales, citados por Alcántara⁶¹, si bien las obras se prolongaron algunas décadas⁶². Después del gran terremoto de Lisboa de 1755 la estructura sufrió serios daños, y en 1777 se acordó, por parte del Ayuntamiento de Bujalance, la demolición y reconstrucción de la torre⁶³, siendo la obra encargada a D. Alonso Pérez de Palomino, y finalizada en 1788. La construcción de la torre de la iglesia de San Francisco es coetánea a la primera torre de la Asunción, datando del segundo lustro del XVII según Navarro Blanca⁶⁴, quien aporta el dato de la donación de 100 ducados por parte del Ayuntamiento de Bujalance, en 1639, para contribuir a la adquisición de sus cuatro campanas. Es de notar el emplazamiento de ésta torre, que queda exenta de la nave principal del templo de San Francisco. La construcción del campanario de la iglesia en el hospital de San Juan de Dios es posterior, de 1664-1670, como se ha indicado antes, y es esta estructura la que viene a aportar un significado singular al alineamiento de los tres campanarios, guardando la proporción de $\sqrt{2}$.

Se ha objetado que la torre de la Asunción se inclinó después de su construcción (entendemos que la actual de 1788), y que originariamente no se cumpliría esa proporción. Conocemos la flecha (desviación máxima, de 1.2 m) y acimut (casi coincidente con el eje principal de la iglesia) por las campañas de medición taquimétrica de la torre, y por tanto podemos calcular la posición original de la veleta, supuesta centrada. El nuevo resultado para la proporción entre los segmentos AC/AB es 1.413... frente a $\sqrt{2}=1.414...$ La diferencia es ahora por defecto, pero la precisión sigue siendo de una parte entre mil, y el alineamiento mantiene $p < 0.004$. De la primera torre de la Asunción no tenemos métrica precisa, pero según el acuerdo del Ayuntamiento antes citado, se trató de una demolición y reconstrucción, preservando el emplazamiento y, al menos aproximadamente, la posición de su eje.

Apenas si se conocen precedentes para este tipo de alineamientos, pero cabe mencionar los trabajos de Navarro Segura⁶⁵ en San Cristóbal de

⁶¹ ALCÁNTARA, L. "La Torre de Bujalance". *Revista Adalid* 2 (2011), pp. 52-54.

⁶² CASTRO, 1647. *Op. cit.*

⁶³ ALCÁNTARA, L., 2011. *Op. cit.*

⁶⁴ NAVARRO BLANCA, A. "Noticia de la Iglesia de San Francisco de Bujalance". *Cuadernos de la Biblioteca Municipal de Bujalance*, nº 6 (1962).

⁶⁵ NAVARRO SEGURA, M.I. *La Laguna 1500. La Ciudad-República. Una Utopía Insular Según Las Leyes De Platón*. Ayuntamiento De La Laguna. 2000. ISBN-10: 8488919530.

La Laguna, en los que identifica el alineamiento de varias iglesias formando una cruz inclinada. Según la autora, tras la conquista de las Islas Canarias y el nuevo mundo, el levantamiento de ciudades de nueva planta brindó la oportunidad de plasmar algunos planteamientos utópicos con una arqueometría simbólica; tal sería el caso, según la autora, de la ciudad de San Cristóbal de La Laguna, en la que se habrían aplicado *Las Leyes* de Platón. Hasta donde conocemos, no se ha documentado ningún eco de estos planteamientos en la geografía peninsular.

La razón última del alineamiento de los tres campanarios de Bujalance, con la enigmática proporción de $\sqrt{2}$, permanece desconocida, pero la probabilidad de que sea mero resultado del azar es tan sumamente baja, que no podemos menos que constatar la evidencia empírica, y dejar el problema abierto sobre nuestra mesa de estudio.

Finalmente cabe notar que el acimut que define el alineamiento de los campanarios (AC), $114.5 \pm 0.3^\circ$, se corresponde con el orto solar en dos fechas de calendario gregoriano: el 25 de enero (festividad de San Pablo), y el 18 de noviembre (dedicación de las Basílicas de San Pedro y San Pablo).

La Divina Proporción en la cabecera gótica de la Asunción de Bujalance

Hay evidencia documental de que las obras de las tres naves que se adosaron a la cabecera gótica fueron encargadas por el obispo D. Leopoldo de Austria y dirigidas por Hernán Ruíz II entre 1556 y 1558 (tiempo en que fue cesado y luego readmitido)⁶⁶. En cuanto a la cabecera gótica, y basándose en detalles del estilo, se especula que pudiera ser obra de su padre, Hernán Ruíz el Viejo. Esto situaría el momento más probable para su construcción en las décadas de 1530 ó 1540. En los archivos diocesanos⁶⁷ aparece una nota sobre la fábrica de iglesia de Bujalance, fechada en 1546, pero que aún no hemos podido cotejar. Nótese que Hernán Ruiz el Viejo falleció en 1547.

Para este trabajo hemos podido acceder a los planos de planta y alzado realizados por el licenciado Antonio Félix Cobos, y por los arquitectos Pedro Peña y Jesús Ventura, éstos últimos con motivo de la intervención de restauración llevada a cabo por la Junta de Andalucía en 1988. En la Figura 5 se muestra una reproducción parcial del primero, con

⁶⁶ MORALES, A. J. *Hernán Ruiz el Joven*. Madrid: Akal. 1996.

⁶⁷ MARTÌ BONET, J.M. (Dir). *Guía de los Archivos de la Iglesia en España*. Barcelona. 2001.

el detalle de la cabecera gótica. En la época de construcción del templo la unidad de medida habitual era la vara, que presentaba variantes según las regiones. La más utilizada era la vara castellana o vara de Burgos, con una equivalencia métrica de 0.8359 m. La vara se dividía en dos codos (de 0.418 m, conocido como codo geométrico), en tres pies, en cuatro palmos y en seis sexmas. El plano de que disponemos está realizado en escala 1:100, y tiene una resolución de 1 mm, por lo que los cocientes calculados a partir de medidas realizadas sobre el plano tienen un margen de incertidumbre que también se aporta en la Tabla 4.

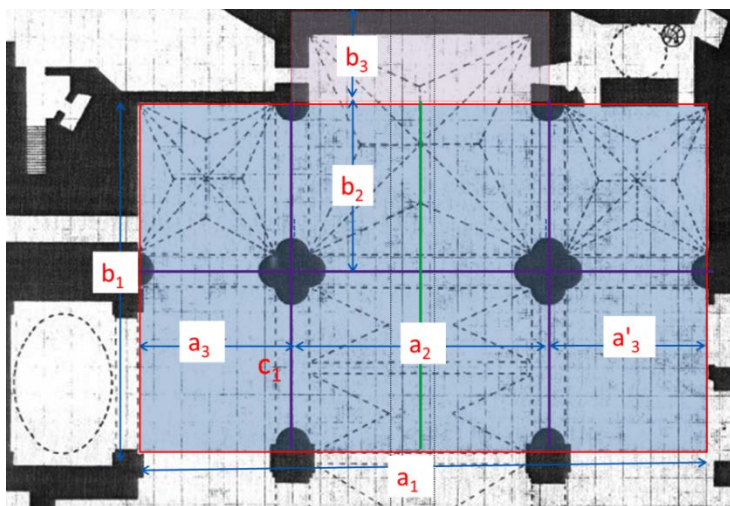


Figura 5. Detalle de la planta de la cabecera gótica, realizado por Antonio Félix Cobos (escala 1:100 en el original). Nótese que las capillas laterales, la sacristía y el camarín del Sagrario son añadidos posteriores, así como la propia ampliación de las tres naves de la iglesia. En rojo se marca el primer rectángulo áureo y en azul sus particiones.

La planta de la cabecera gótica está conformada por un rectángulo principal al que se le adosa una expansión en su capilla mayor. Las dimensiones del rectángulo que conforma el espacio interior es de 20.4x12.6, en metros, que aproximadamente se corresponde con 49x30, en codos geométricos (nótese que la incertidumbre en la medida se traduce en 0.2 codos). Este es, en muy buena aproximación (de una parte entre mil), un rectángulo áureo (Tabla 4). Nótese que una proporción, definida como el cociente de dos longitudes, es un número invariante ante cualquier elección del sistema de unidades. Este rectángulo áureo se divide en dos mitades en su lado menor, y en tres partes desiguales en su

lado mayor, definiendo los nudos de esta división la posición de los pilares. La división del lado mayor (a_1 en la figura 5) se practica en tres segmentos, los dos menores iguales entre sí, y de tal forma que la proporción entre el segmento mayor central y cualquiera de los menores sea también el número áureo, $\phi = 1.618...$ (véase detalle en la Tabla 4, las desviaciones relativas son de 0.25% y 1.5%, respectivamente). Finalmente, el lado menor del rectángulo de la capilla mayor (b_2 en la figura 5) se expande con una longitud b_3 (medida ésta en la planimetría Peña y Ventura) tal que su ratio es aproximadamente el número áureo (Tabla 4, la desviación relativa es inferior al 1%).

Tabla 4. Medidas¹ de segmentos y proporciones en la planta de la cabecera gótica de la iglesia de la Asunción de Bujalance.

Segmento	cm [1:100]	Codos	Ratio			
<i>Rectángulo mayor</i>						
a ₁	20.4	48.8				
b ₁	12.6	30.1	a ₁ /b ₁	1.619	±	0.015
<i>División de naves</i>						
a ₂	9.2	22.0				
a ₃	5.6	13.4	a ₂ /a ₃	1.64	±	0.03
a' ₃	5.7	13.6	a ₂ /a' ₃	1.61	±	0.03
<i>Capilla mayor</i>						
b ₂	6.2	14.8				
b ₃ *	3.8	9.1	b ₂ /b ₃	1.63	±	0.05

¹ Medidas sobre planimetría en escala 1:100 y con resolución de 1 mm. La medida en codos geométricos tiene asociada una incertidumbre de 0.2 codos. La incertidumbre en las ratios es de 1σ . La divina proporción o número áureo es $\phi = 1.618...$

* En la planimetría de Antonio Félix el fondo de la capilla mayor no está bien resuelto, y este dato se ha tomado de la planimetría de Peña y Ventura.

En el alzado (planos de Peña y Ventura), y aun pudiendo estar el actual nivel del suelo ligeramente modificado, se reconoce la Divina Proporción entre el vértice de los arcos ojivales y los capiteles de las pilastras que los sostienen, o entre el techo y el cuerpo de los pilares.

El número áureo, o la Divina Proporción, es un número irracional que se conoce desde la Antigüedad Clásica, cuando es frecuente encontrarlo en el diseño de rectángulos y otros elementos arquitectónicos. Su uso decae en la Edad Media y se recuperaría con el Renacimiento. En la historia del pensamiento este número se ha asociado con la *quintaesencia*

del mundo celeste y con Dios⁶⁸. En la Edad Media, los maestros y canteros del mundo de la construcción a menudo eran analfabetos. El conocimiento de las ciencias en el mundo de los oficios era eminentemente práctico, instrumental (por ejemplo en trazados geométricos...), sin llegar a comprender -ni interesarle- los fundamentos teóricos de los procedimientos utilizados⁶⁹. La mayoría de los historiadores de la arquitectura consideran que el número áureo no se usó de manera general en las construcciones medievales. No obstante, en las grandes obras del gótico, en las que plausiblemente intervino lo mejor de la intelectualidad, sí que se encuentran diversos elementos de la geometría euclidiana con una gran carga simbólica⁷⁰. El uso de la Divina Proporción en la cabecera gótica de la iglesia de la Asunción de Bujalance es, pues, una característica notable, y no banal, de este templo parroquial, particularmente cuando se la sitúa en su contexto histórico y artístico.

Sobre metodología práctica y significado de las alineaciones

La fundación y dedicación de nuevas iglesias ha estado sujeta a ritos solemnes, recogidos en el Pontifical Romano-Germánico, compilado entre 950 y 962. El rito de la colocación de la primera piedra se añadió en el siglo XIII, en el Pontifical compilado por Durandus⁷¹. Según esta tradición, en el lugar designado para el altar debía colocarse una cruz de madera, antes de que el obispo bendijese la primera piedra. En una variante, el rito debía comenzar en el día, o en la vigilia, de la festividad del santo a quien se iba a dedicar la nueva iglesia⁷². Este contexto habría facilitado la observación de la salida del Sol sobre el horizonte local, y capturar así la dirección con la que habría de alinearse la iglesia, como se describe en el poema de William Wordsworth. La plausible orientación de las iglesias bajomedievales al orto solar en el equinoccio canónico

⁶⁸ PACIOLI, L. *La Divina Proporción*. J. Calatrava-Escobar, trans. Madrid: Akal. 1991 [1498].

⁶⁹ RUIZ DE LA ROSA. *Traza y simetría en la Arquitectura*. Sevilla: Servicio de Publicaciones de la Universidad, D.L. 1987. ISBN 84-7405-384-6.

⁷⁰ RAMZY, N.S. "The Dual Language of Geometry in Gothic Architecture: The Symbolic Message of Euclidian Geometry versus the Visual Dialogue of Fractal Geometry". *Peregrinations: Journal of Medieval Art and Architecture* 5,2 (2015), pp. 135-172.

⁷¹ GALLART, P. "El ritual de la dedicación de la Iglesia en los pontificales medievales y su ciclo icónico". *IMAGO: Revista de Emblemática y Cultura Visual* 5 (2013), pp. 79-89. <https://doi.org/10.7203/imago.5.2620>

⁷² BENEDICTINE MONKS OF BUCKFAST ABBEY, 2017 [1927]. *Op. cit.*

romano (alrededor de los 85° de acimut, significativamente distinto del equinoccio gnomónico o astronómico) se habría determinado por observación directa de la salida del Sol sobre el horizonte local.

Este trabajo contribuye a la constatación empírica de la presencia de iglesias alineadas al orto/ocaso solar en la festividad de la Asunción /San Francisco de Asís en la zona geográfica y período histórico estudiado. La gran cuestión es la idea subyacente a esta práctica, que sin duda persigue la expresión de un significado simbólico, más que la ejecución de un mero ejercicio de astronomía aplicada. De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 1, este significado simbólico habría sido compartido por personas de distintas épocas y lugares, sin dejar de ser una corriente minoritaria.

Los singulares efectos de iluminación, que pueden producirse en las festividades patronales a través de ventanas en el ábside o en el pórtico, solo los encontramos en algunos casos, y no parece que hayan sido la principal motivación para el diseño de estas iglesias. Por otro lado, cuando hacia finales del XVI se impone la moda de los grandes retablos murales, muchas de las ventanas absidales habrían perdido su funcionalidad, y no es raro encontrar sus cicatrices sobre los paramentos reformados.

En ausencia de fuentes documentales sobre estas prácticas de orientación de las iglesias, solo cabe realizar una aproximación a sus potenciales motivaciones, situándolas en el contexto de la historia del pensamiento, como avanzábamos en nuestra publicación en JSA⁷³, a la que remitimos al lector interesado en estas cuestiones.

Bujalance es, hasta donde se conoce, la localidad en la que se ha expresado con más intensidad la práctica de orientación de las iglesias con singulares patrones solares y matemáticos. Los exponentes más sobresalientes y primeros son sus iglesias parroquiales de la Asunción y de San Francisco de Asís. La ermita de Jesús Nazareno presenta una orientación equinoccial precisa, y la iglesia del hospital de San Juan de Dios, con su singular orientación a poniente y el emplazamiento de su espadaña, guarda un significado aún por descifrar. La iglesia conventual de Carmelitas Descalzas, ya de la segunda mitad del XVIII, es ya de un tiempo en el que se ha superado el geocentrismo y la cosmovisión que soportaba.

⁷³ ABRIL, J.M., 2017. *Op. cit.*

«[...] la lamentable experiencia de tanto cadáver como a
reduzido a el sepulcro la presente epidemia, demostraui lo yrritada
que estaua contra nosotros la Justizia Diuina [...] y se hazía presiso
poner por intercesora i medianera a la que siempre a sido de
pecadores [...] para que cortando la caueza a el pecado nos
renouemos a el estado de gracia y quedemos libres de tan grande
azote [...] y combenía que esta Ciudad decretase y botase el renouar
anualmente el boto que tiene hecho (en ocasión de epidemia) de
defender la opinión pía de auer sido dicha Gran Señora conceuida en
Grazia y Justizia original en el primer ynstante de su ser, haziéndola
todos los años el día que esta Ziudad assignare, aiunando todos la
Bíspera del día en que se celebra tan grande misterio: lo que
proponía para que sobre tan grande como ymportante asunto tome
deliberación y consulte con su Illustrísima el señor Deán obispo
electo de Córdoua para que dicho señor se sirua, junto con su
Cauildo conzeder la lizenzia correspondiente a tan santo fin»

Archivo Municipal de Bujalance. *Actas capitulares*,
20 de abril de 1738, f. 336 r.

