

FOTOGRAMETRÍA, SIG Y TELEDETECCIÓN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DEL PAISAJE PRETÉRITO DEL EMBALSE DE LA SERENA, BADAJOZ

JORGE CANOSA-BETÉS jorge.canosa.betes@gmail.com

RESUMEN El Embalse de La Serena, en Badajoz (España), suponía una seria limitación a la hora de realizar un estudio arqueológico mediante Tecnologías de Información Geográfica sobre la población andalusí de Kabbāl (actual Capilla), dado que condiciona las capas base de los procesos de análisis de tal forma que sean inservibles para una aproximación espacial del pasado. Para paliar esta situación, tuvieron que generarse nuevos espacios de trabajo. En primer lugar, un proceso de restitución fotogramétrica para generar un MDT y, a continuación, una clasificación del terreno en usos potenciales a partir de imágenes multiespectrales de Landsat 4 y datos topográficos. En este trabajo se resumen los procedimientos realizados para generar ambos productos.

PALABRAS CLAVE Restitución fotogramétrica, MDT, teledetección, usos del suelo, La Serena

ABSTRACT The reservoir of La Serena, in Badajoz (Spain), was a serious limitation when performing an archaeological study through Spatial Information Technologies on the Andalusian settlement of Kabbāl (current Capilla), since it conditions the base layers of the analysis processes in a way that they are useless for a spatial approach of the past. In order to palliate this situation new workspaces had to be created. First, a photogrammetric restitution process was done to generate a DTM and, then, a potential land use classification from multispectral images of Landsat 4 and topographic data. This paper is a summary of the procedures done for generating both products.

KEYWORDS Photogrammetric restitution, DTM, remote sensing, land use, La Serena

INTRODUCCIÓN

En el actual término municipal de Capilla, en el extremo oriental de la Comarca de La Serena, Badajoz, se sitúan los restos de Kabbāl, una población andalusí levantada en torno a un *hisn* que, durante varios siglos, sirvió como punto fuerte y lugar de referencia de un territorio fronterizo que tenía en la minería su principal riqueza. No en vano, a 20 kilómetros hacia el este se encuentra Almadén, principal productor mundial de Mercurio durante más de dos milenios alrededor del cual se situaba una densa red de fortificaciones contemporáneas (Ruibal, 2004; Schnell y Moreno, 2005). Kabbāl, que bien pudo ejercer de extremo más occidental de esta red, es nombrada en el siglo XII por el geógrafo al-Idrīsī como quinta parada en el itinerario Córdoba-Miknāsa (Al-Idrīsī, 1989, p. 86; Arjona, 2001) y, a partir de ahí, su rastro histórico es inexistente hasta el relato de su largo asedio y conquista en 1226 por parte de Fernando III (García, 1998, p. 270-271, 277), refiriéndose a ella ya como Capilla.

Poco más se podía decir de Kabbāl hasta que, en 2012, la empresa Baraka Arqueólogos S.L. comenzó un proyecto de investigación con el cual se ha podido, entre otras cosas, comprobar la cronología de forma relativa y confirmar parte del relato histórico al documentarse la destrucción violenta y posterior abandono del asentamiento. Como parte del proyecto, se propuso la realización de un Trabajo de Fin de Máster en el que se analizaran diversos aspectos sobre el funcionamiento de la red defensiva andalusí y el papel de Kabbāl dentro de ella a partir de Tecnologías de Información Geográfica (Canosa-Betés, 2015).

Sin embargo, la ubicación de Kabbāl supone una complicación a la hora de operar con las capas de datos geográficos actuales dado que se encuentra junto al Embalse de la Serena (figura 1), un embalse de dimensiones colosales (el tercero más extenso de Europa) cuya extensión condicionaría considerablemente los resultados obtenidos a partir de modelos digitales del terreno. Para paliar esta situación, tuvieron que realizarse una serie de procesos en aras de generar unos es-

pacios de trabajo nuevos donde se omita la existencia del embalse y sobre los que llevar a cabo el resto del trabajo.

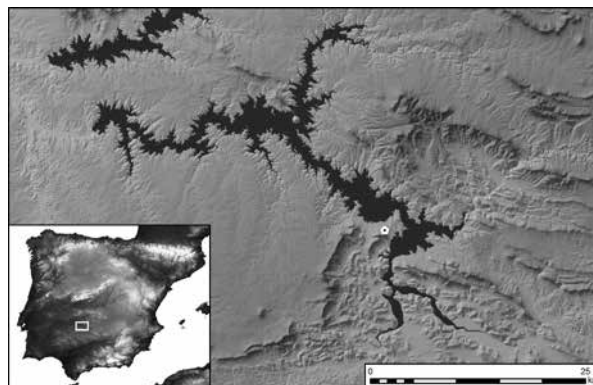
CREACIÓN DE UN MDT: RESTITUCIÓN FOTOGRAMÉTRICA

A la hora de aplicar Sistemas de Información Geográfica en Arqueología, el grueso de los análisis espaciales suelen realizarse utilizando variables dependientes de la superficie del terreno. Si bien los datos utilizados suelen corresponderse con la actualidad y, por tanto, difieren de los que serían los reales en la época de estudio, estas diferencias suelen considerarse un mal menor en el caso de la topografía, siempre y cuando grandes obras de ingeniería o urbanismo no la hayan alterado de manera considerable. En el caso de estudio, sin embargo, los MDT existentes no recogen, como era de esperar, la topografía del terreno bajo el embalse y, por tanto, a lo largo de toda su extensión se observa una superficie plana. Dado que la mayoría de los procesos posteriores se realizarían en función de la superficie del terreno, resultaba capital generar un nuevo MDT donde se recogiera la topografía previa a la construcción del embalse.

La generación de un MDT es un proceso relativamente sencillo, pudiéndose realizar interpolando datos de altura a partir de mapas topográficos digitalizados. Sin embargo, esta opción tuvo que ser rechazada dado que, al contrario de lo que ocurre en otros casos (Fernández, 2015, p. 94-95), no se dispone de información batimétrica del embalse, mientras que los mapas topográficos previos a la creación del mismo tenían una escala máxima de 1: 50 000, una precisión demasiado baja para la resolución de 5 m/píxel deseada para el ráster de salida. Dadas estas limitaciones, se optó por la creación de unas curvas de nivel a partir una restitución fotogramétrica de fotografías aéreas previas a la construcción de la presa.

Este proceso no es ni mucho menos una novedad e, incluso, ha sido aplicado con éxito en estudios arqueológicos con problemas similares (Cerrillo-Cuenca y Sanjosé, 2013; Charro, 2015; Pérez *et al.*, 2013; Redweik *et al.*, 2012) habiéndose probado como una vía de trabajo recomendable siempre y cuando haya medios para afrontarla. La principal diferencia a la hora de restituir la superficie del terreno en estos casos respecto a los populares software de fotogrametría digital es el hecho de valerse de fotografías analógicas escaneadas carentes de metadatos sobre su captura, por lo que la información de la cámara y el vuelo han de ser introducidas y las orientaciones exterior e interior se calculan a partir de información suministrada por el usuario.

Sin entrar en demasiados detalles sobre el proceso en sí, podría resumirse en: 1) Introducir información sobre la cámara y la altura del vuelo, 2) Señalar las marcas fiduciales y la separación entre ellas para obtener la orientación interior de cada fotograma, 3) Señalar puntos de control para obtener la orientación exterior, 4) Realizar la triangulación de imágenes y 5) Obtener el modelo digital de superficies (MDS).



1. Ubicación de Kabbāl y el Embalse de la Serena en el contexto ibérico.

Para este caso, el proceso fue llevado a cabo con el software *ERDAS Imagine 2014* utilizando imágenes del vuelo fotogramétrico nacional de 1980-1986 adquiridas a través de la fototeca del Centro Nacional de Información Geográfica¹ si bien, dado su coste económico y el tiempo necesario para realizar el proceso, únicamente se adquirieron 11 imágenes, suficientes para reconstruir en su totalidad la cuenca sur del embalse, territorio controlado visualmente por el *hishn*. Las fotografías aéreas, de un tamaño de 12931 x 12003 píxeles y una resolución de 1270 ppp, fueron comparadas con las imágenes más recientes del PNOA para buscar puntos de control a través de los cuales obtener las coordenadas y, después, su cota aproximada a partir de un MDT LiDAR de 5 m/píxel. Si bien para este proceso es recomendable la toma de puntos con GPS diferencial, los medios disponibles obligaron a tomar la vía antes descrita asumiendo la mayor imprecisión de los datos obtenidos. En total, se utilizaron 355 puntos de control, habiéndose priorizado su obtención cerca de la orilla para minimizar el error en la reconstrucción del interior del embalse.

Una vez situados todos los puntos de control, se pasó a la generación del MDS, pero en este paso se sumó una complicación ya que las fotografías fueron tomadas en dos sesiones diferentes con unas condiciones de luminosidad distintas. Dada esta situación, tuvo que dividirse el área de reconstrucción en diferentes polígonos que se correspondieran con todos los solapamientos entre dos fotogramas, generar un MDS de todos ellos y, después, valorar la calidad de los mismos a partir de su cota de 439 m (nivel del embalse) a la hora de decantarse por uno en caso de que fuera necesario. Todos los MDS se generaron tras una triangulación particular entre los dos fotogramas en la que el RMSE de los puntos siempre fuera menor a 7 m, configurándose la resolución del ráster de salida en 7 m/píxel.

Dado que los productos generados son modelos de superficies, algunos elementos como las masas arbóreas o las construcciones quedaron reflejados, por lo que debían ser eliminadas si se pretendía obtener la topografía del terreno. Así, se generaron las curvas de nivel de los modelos con una equidistancia de 0,5 m y,

1. © Instituto Geográfico Nacional de España. 2008.

mediante edición, se eliminaron estos elementos. Este paso, que en condiciones normales requeriría la mano de alguien con formación en topografía, se vio facilitado por la escasa vegetación de entidad presente en la región, que se vio limitada a algunas masas arbóreas situadas al margen de los ríos. Una vez editados todos los contornos, pudieron unirse en una misma capa para obtener así un mapa topográfico de la superficie bajo el embalse, quedando listo para su integración sobre los MDT ya existentes.

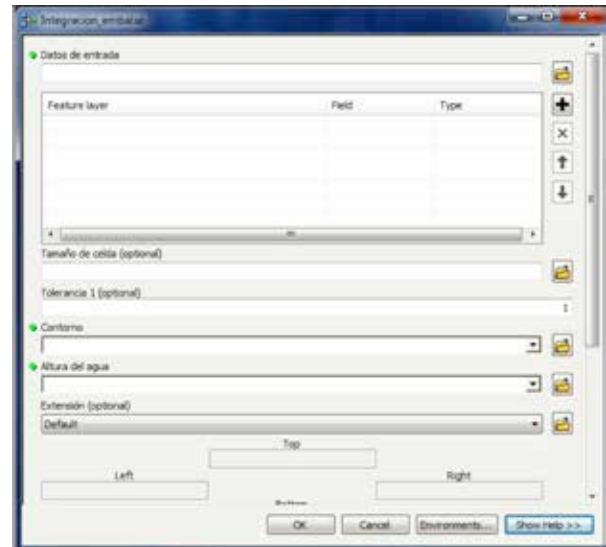
Para este último paso se decidió crear una herramienta a partir del *Model Builder* de *ArcGIS 10.2.1* que no únicamente generase un MDT sino que consiguiera que fuera hidrológicamente lógico y, además, obtuviera una capa de acumulación de flujo. Así, se creó un script que generase estos productos incluyendo únicamente 9 parámetros en un interfaz: topografía de los datos de entrada, tamaño de celda del ráster de salida, tolerancia 1 (parámetro de interpolación), contorno del embalse, altura del embalse, extensión del proceso, MDT original y capa de salida de acumulación de flujos (figura 2). El funcionamiento del script es sencillo, en primer lugar, se crea el MDT de la superficie del embalse con la interpolación *Topo to Raster* configurándose para generar un producto hidrológicamente lógico. A partir de este, se integran los datos sobre el MDT original a base de condicionales y álgebra de mapas y, posteriormente, se aplica un filtro de hidrografía para acabar generando los productos deseados.

El resultado final (figura 3) fue bastante aceptable para los objetivos propuestos aunque, evidentemente, no alcanza en calidad a los datos LiDAR en los que se ha integrado. En cuanto al script, su buen funcionamiento animó a utilizarlo con datos topográficos digitalizados de otros cuatro embalses diferentes para la hora de trabajar sobre modelos de 25 m/píxel en un área mucho mayor.

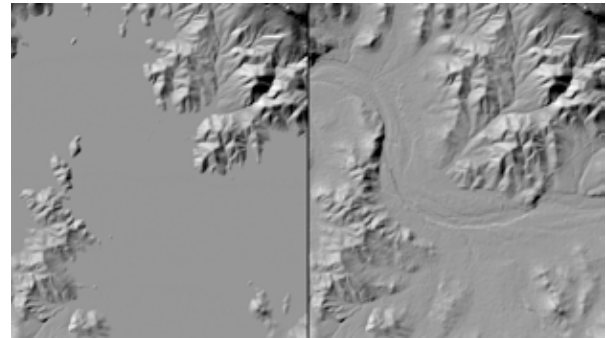
CAPA DE USOS POTENCIALES DEL SUELO

Superado el problema con el MDT, el embalse suponía también un obstáculo a la hora de realizar un análisis de captación para aproximar la explotación histórica del territorio. Así, este tipo de estudios tienden a realizarse sobre capas de usos que dividen la superficie en secciones en función de su ocupación o tipo de aprovechamiento. La utilización de capas gratuitas como la *Corine land cover* o el SIOSE son poco recomendables en estos casos para no caer en actualismos. Para evitarlo, en ocasiones se recurre a la creación de capas nuevas de potencialidad agrícola (Capdevila, 2013, p. 22-25) o usos potenciales (Currás, 2014) como modelos para aproximar el posible aprovechamiento del territorio.

Poco sabemos sobre cómo debió de lucir el paisaje de la antigua Kabbāl y sus alrededores hasta la conquista castellana. No obstante, las características del entorno nos permiten suponer que la producción agrícola sería muy reducida y que, al igual que ocurría en época romana y que ocurriría después, la principal riqueza procedía de la minería. Así, el mapa edafológico de España nos muestra que el territorio está formado por litosoles, es decir, suelos muy poco profundos con una



2. Interfaz del script para el software de *ArcGIS 10.2.1* programado para obtener un MDT con la topografía del embalse integrada y su acumulación de flujos.



3. Comparación entre el MDT LiDAR del IGN (izquierda) y el MDT con la topografía del embalse integrada (derecha). LiDAR-PNOA cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España.

capacidad productora bastante reducida que han provocado que la mayor parte del territorio sea explotado mediante agricultura extensiva, con presencia destacable de espacios adeshados, zonas de pastos y eriales. No sabemos cómo se distribuiría la producción en época andalusí, aunque documentos de 1310, apenas 84 años tras la conquista, hablan ya de la existencia de dehesas con topónimos que todavía se conservan tanto en Capilla como en municipios vecinos (Clemente, 2012, p. 254-255). No resulta descabellado, por tanto, pensar que también en época andalusí la ganadería debía tener un peso mayor a la agricultura y más aun teniendo en cuenta la fuerte presencia bereber en la zona (Franco, 2005).

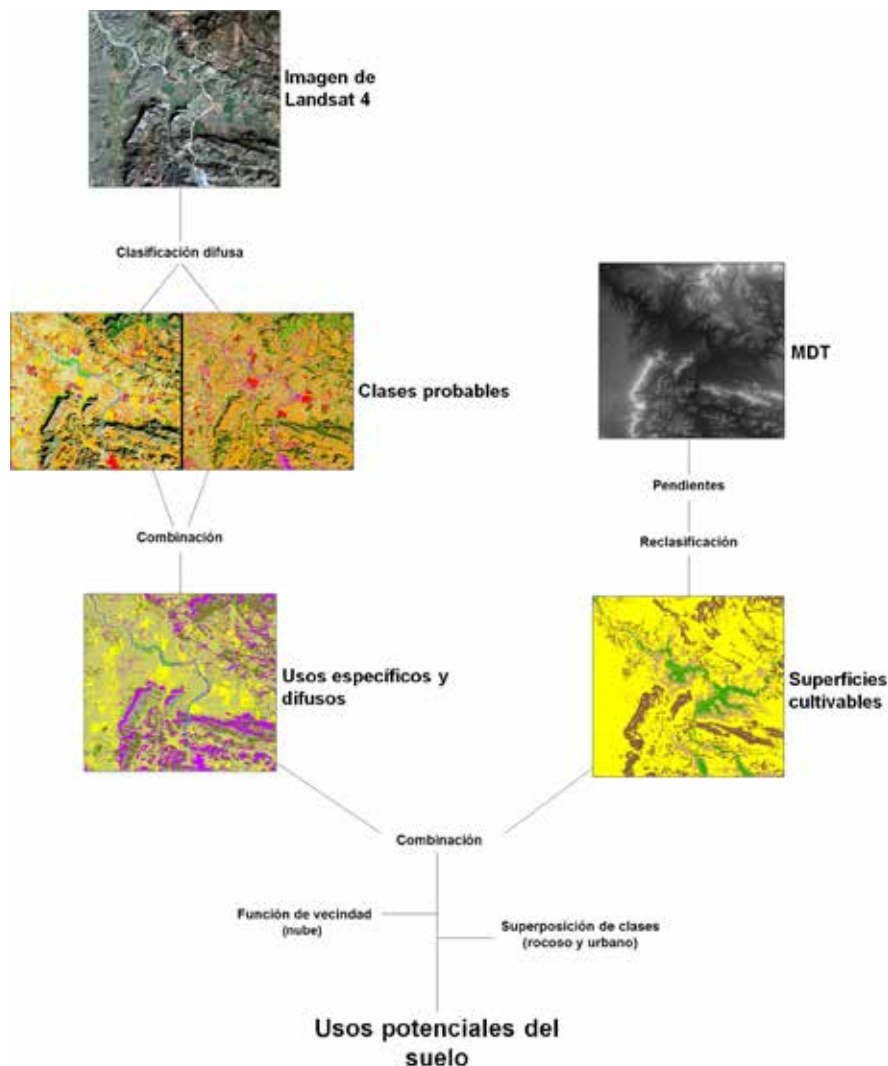
Partiendo de los supuestos anteriores, se consideró que la mejor vía de actuación en este caso era obtener una capa de usos potenciales del suelo siguiendo a Uriarte *et al.* (2008). Esta metodología busca generar un modelo orientativo a través del cual aproximar una clasificación del suelo "en tres tipos básicos propios de una economía paleotécnica en un paisaje de tipo mediterráneo: monte, agricultura de secano y agricultura de regadío" (Uriarte *et al.*, 2008, p. 557), valiéndose de una

clasificación supervisada a partir de una imagen multiespectral de satélite y factores topográficos extraídos de un MDT. Si bien no se siguieron exactamente los mismos pasos en este caso, remito al lector a Uriarte *et al.*, 2008 para obtener una explicación más detallada de los fundamentos de esta metodología.

El flujo de trabajo, basado en la creación de clasificaciones y combinaciones (figura 4), discurrió de la siguiente manera. En primer lugar, se realizó una clasificación supervisada en *ERDAS Imagine 2014* a partir de los valores de *reflectividad* obtenidos de una imagen de Landsat 4 del 4 de Febrero de 1987 (Chander y Markham, 2003), delimitándose un total de 15 clases utilizando las combinaciones RGB de bandas 741, 543 y 123. Dicha imagen era especialmente útil al ser tomada en invierno, pudiéndose registrar bien las superficies cultivadas y en barbecho y el río Zújar a pleno caudal pero, sin embargo, tenía mucha superficie ensombrecida y presentaba una nube en la parte inferior. El resultado de la clasificación fue sometido a control de calidad con 100 puntos al azar, obteniéndose una precisión baja del 71% aunque, no obstante, 25 de las 29 imprecisiones se produjeron entre diferentes tipos de barbechos o pastizales considerándose, pues, fallos aceptables.

Así, mediante el procedimiento de la clasificación borrosa se obtuvieron dos ráster diferentes correspondientes con los dos usos más probables para, a partir de su combinación, obtener una nueva capa con usos específicos (regadío, secano y monte) y usos difusos en categorías intermedias entre los tres anteriores. De cara a la combinación, se les asignó un uso potencial preferente a las 15 clases en función de su "tendencia lógica" (tabla 1), siendo los posibles resultados de las combinaciones los indicados en la tabla 2. Con este proceso se había obtenido ya una primera clasificación de usos potenciales pero para eliminar los usos difusos era necesario aplicar factores topográficos.

De esta manera se procedió a la creación de una capa que limitase el tipo de cultivo en función de la pendiente del terreno. Esto es: las pendientes mayores a 30% se clasificaron como no cultivables; como vegas irrigables las que, partiendo de los ríos Zújar y Esteras, no superaran el 3%; como vegas de irrigación extendida las que, con el mismo procedimiento, no superaran el 10%; y, por último, como zona intermedia el resto de la superficie. Si bien es verdad que en el caso de las zonas no cultivables las fuertes pendientes podrían salvarse mediante terrazas, al no observarse su uso en la actualidad



4. Flujo de trabajo hasta llegar al mapa de usos potenciales del suelo.

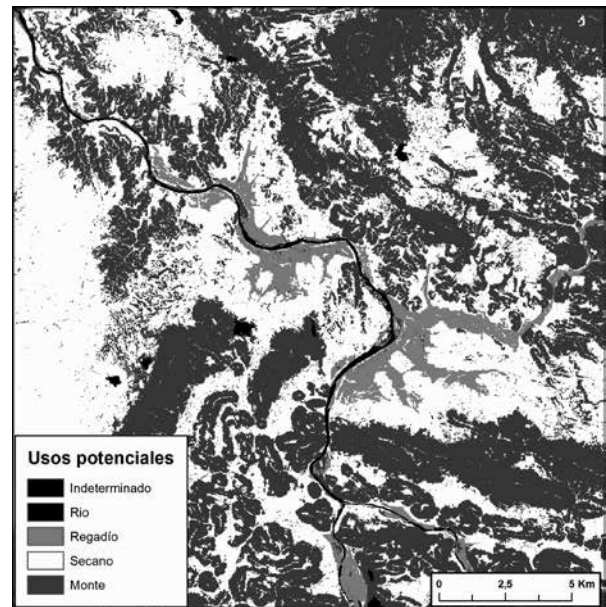
TABLA 1. Reclasificación de las clases dentro de su uso potencial preferente.

USO PREFERENTE	CLASES
0. Indeterminado	Nube, sombra densa, sombra poco densa y urbano
1. Agua	Río
2. Regadío	Vegetación de ribera
3. Secano 1	Barbecho 3 y cultivado
4. Secano 2	Barbecho 2, dehesa/barbecho 1, pastizal 1 y pastizal 2
5. Monte 1	Bosque denso y bosque poco denso
6. Monte 2	Rocoso

y, dado el escaso potencial productivo de la tierra en la región, se consideró legítimo no contar con la posibilidad de agricultura en terrazas.

Obtenida esta nueva capa, se realizó una nueva combinación con la capa de usos creada anteriormente y, siguiendo los criterios indicados en la tabla 2 de Uriarte *et al.*, 2008, pudo obtenerse una capa que recogiera únicamente los usos indeterminado, río, regadío, secano y monte. En lo que respecta a las superficies con uso indeterminado, su número se redujo drásticamente al neutralizarse las sombras y gran parte de la nube. No obstante, para intentar reducir el efecto de esta al máximo se aplicó una función de vecindad en la cual se le asignaba a cada celda el valor más numeroso de 100 metros a la redonda, quedando la presencia final de la nube bastante baja. Para concluir se realizó un último proceso, superponiéndole a todas las superficies cuya clasificación más probable era "rocoso" el uso potencial de monte y a toda la superficie ocupada en la actualidad por núcleos de población el uso indeterminado debido a que el valor de su pendiente está muy alterado en el MDT.

El resultado final (figura 5) se adecúa al resultado esperado en un principio, con una predominancia del secano y el monte con un 48,2% y un 46.5% del total respectivamente frente a una presencia minoritaria del regadío con un 4,4%. No obstante, a tenor de lo que se observa en las fotografías antiguas, la superficie que verdaderamente se utilizaba con este fin antes de la creación del embalse era bastante marginal, limitándose a algunas huertas de sandías y melones que apenas se separaban del cauce del río. Y es que, ya se indicó al principio que el producto final que se deseaba era un modelo de los usos potenciales del suelo y que, por tanto, en ningún momento se tuvo la ambición de reproducir los usos reales que debió presentar este territorio en el pasado. El resultado, como todo modelo realizado con tecnologías de información geográfica, está siempre abierto a mejoras como, por ejemplo, la inclusión de datos edafológicos que posiblemente generarían unos resultados más acordes con la realidad.



5. Mapa de usos potenciales del suelo.

TABLA 2. Posibles combinaciones entre los usos de las clases más probables y su resultado en forma de usos específicos o difusos.

1.º Probabilidad	INDET.	AGUA	REGADÍO	SECANO 1	SECANO 2	MONTE 1	MONTE 2
2.º Probabilidad							
Indet.	Indet.	Agua	Regadío	Secano	Suelo	Monte	Monte
Agua	Indet.	Agua	Regadío	Suelo húmedo	Suelo húmedo	Regadío	Monte
Regadío	Indet.	Agua	Regadío	Secano	Suelo húmedo	Arbolado	Monte
Secano 1	Indet.	Agua	Regadío	Secano	Suelo	Monte	Monte
Secano 2	Indet.	Agua	Vegetado	Secano	Suelo	Monte	Monte
Monte 1	Indet.	Agua	Vegetado	Secano	Arbolado	Monte	Monte
Monte 2	Indet.	Agua	Suelo húmedo	Suelo	Suelo	Monte	Monte

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin la buena voluntad de Baraka Arqueólogos S.L. y especialmente de Diego Lucendo Díaz, quienes me permitieron colaborar en su proyecto para la realización del TFM. Para la restitución fotogramétrica resultaron vitales los consejos de Enrique Cerrillo-Cuenca en los momentos de mayor incertidumbre sobre el devenir del proceso. Finalmente, un agradecimiento especial al pueblo de Capilla, por la buena acogida que siempre nos han dado y, en especial, al más ilustre capillúo, Valentín García, y su secuaz, La Loba.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-IDRĪSĪ, J. (1989) – *Los caminos de Al-Andalus en el siglo XII según «uns al-muhay Wa-rawd Al Furay»*. Madrid: CSIC.
- ARJONA CASTRO, A. (2001) – Identificación de dos topónimos importantes en el poblamiento árabe de Al-Andalus, provincia de Badajoz: Garlitos (B.Ṭ.R.L.Ṣ.) y Balá (Navalvillar de Pela). In GONZÁLEZ-RODRIGUEZ, A., ed., *Actas del XXVI Congreso de la Asociación Española de Cronistas Oficiales*. Badajoz: Editora Regional de Extremadura, p. 167-168.
- CANOSA-BETÉS, J. (2015) – *La población medieval de Kabbāl (Capilla, Badajoz): estudio histórico-arqueológico de su territorio y la red defensiva andalusí a partir de Tecnologías de Información Geográfica*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid (Tesis de Máster). [<http://eprints.ucm.es/33537/>]. Fecha de consulta: 26/02/2016].
- CAPDEVILA MONTES, E. (2013) – *Estudio diacrónico del poblamiento emiral en el valle del Tajo a través de la Arqueología del Paisaje*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid (Tesis de Máster) [<http://eprints.ucm.es/23268/>]. Fecha de consulta: 26/02/2016].
- CERRILLO-CUENCA, E.; SANJOSÉ, J. (2013) – Mapping and Interpreting Vanished Archaeological Features Using Historical Aerial Photogrammes and Digital Photogrammetry. In CONTRERAS, F.; FARJAS, M.; MELERO, F., eds., *Proceedings of the 38th Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Oxford: BAR, p. 43-46 (BAR International Series, 2494).
- CHANDER, G.; MARKHAM, B. (2003) – Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41, p. 2674-2678.
- CHARRO LOBATO, C. (2015) – Historical aerial photographs to recover a lost landscape using digital photogrammetry: a case study of the Iron Age site of Cerro de la Mesa (Alcolea de Tajo, Toledo, central Spain). In IVANIŠEVIĆ, V.; VELJANOVSKI, T.; COWLEY, D.; KIARŠZYŚ, G.; BURGARSKI, I., eds., *Recovering lost landscapes*. Belgrado: Institute of Archaeology, p. 129-139.
- CLEMENTE RAMOS, J. (2012) – Ocupación del espacio y formas de explotación. Dehesas y adhesionamiento en Extremadura (c. 1250-c. 1450). In GARCÍA FITZ, F.; JIMÉNEZ ALCÁZAR, J., eds., *La historia peninsular en los espacios de frontera: Las «Extremaduras Históricas» y la «Transierra» (Siglos XI-XV)*. Cáceres: Sociedad Española de Estudios Medievales, p. 253-277.
- CURRÁS REFOJOS, B. (2014) – Mapa de usos potenciales de la tierra de Galicia. Una perspectiva arqueológica. *Trabajos de Prehistoria*, 71: 1, p. 23-41.
- FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, J. (2015) – Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en la reconstrucción paleoglaciaria: el caso de la Sierra Segundera (Zamora, España). *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 16, p. 87-188.
- FRANCO MORENO, B. (2005) – Distribución y asentamientos de tribus bereberes (Imazighen) en el territorio emeritense en época emiral (S. VIII-X). *Arqueología y Territorio Medieval*, 12: 1, p. 39-50.
- GARCÍA FITZ, F. (1998) – *Castilla y León frente al Islam*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- PÉREZ ÁLVAREZ, J.; MAYORAL HERRERA, V.; MARTÍNEZ DEL POZO, J.; DE TENA, M. (2013) – Multi-temporal archaeological analyses of alluvial landscapes using the photogrammetric restitution of historical flights: a case study of Medellín (Badajoz, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 40, p. 349-364.
- REDWEIK, P.; LOBOS, L.; FILIPE, M.; FONTE, J.; GONÇALVES, J. (2012) – Recuperação de paisagens submersas a partir de fotografia aérea histórica. *Boletim do Instituto geográfico do Exército*, 74, p. 30-35.
- RUIBAL, A. (2004) – De Santa Eufemia a Manzaire: El conjunto minero de Almadén ¿Una organización militar de frontera? In TORO, F.; RODRÍGUEZ, J., coords., *V Estudios de frontera. Funciones de la red castral fronteriza*. Jaen: Diputación Provincial de Jaén, p. 705-722.
- SCHNELL, P.; MORENO GARCÍA, R. (2005) – Asentamientos fortificados en la comarca de Almadén (Ciudad Real). In *II Congreso de Castellología Ibérica Alcalá de la Selva*. Madrid: Asociación Española de Amigos de los Castillos, p. 481-490.
- URIARTE, A.; VICENT GARCÍA, J.; CHAPA BRUNET, M.; MAYORAL HERRERA, V.; PEREIRA SIESO, J.; CABRERA DÍEZ, A. (2008) – Elaboración de mapas de usos potenciales del suelo a partir de datos de teledetección para estudios de arqueología del paisaje: las sociedades protohistóricas del valle del Guadiana Menor (Andalucía Oriental). In ROVIRA, S.; GARCÍA, M.; GENER, M.; MONTERO, I., eds., *Actas del VII Congreso Ibérico de Arqueometría*. Madrid: CSIC, p. 555-567.