

La Cultura de las Motillas de La Mancha. Testigos del evento climático 4.2 ka cal BP

Miguel Mejías Moreno ⁽¹⁾, Luis Benítez de Lugo Enrich ⁽²⁾,
José Antonio López-Sáez ⁽³⁾ y Katina T. Lillios ⁽⁴⁾

(1) Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid

(2) Departamento de Prehistoria, Historia Antigua y Arqueología. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Geografía e Historia, Edif. B, C/ Profesor Aranguren, s.n. 28040 Madrid (Spain).

(3) Grupo de Investigación Arqueología Medioambiental. Instituto de Historia, CCHS (CSIC), C/ Albasanz, 26-28 Madrid

(4) Department of Anthropology. The University of Iowa. 114 Macbride Hall. Iowa City, Iowa 52242-1322
m.mejias@igme.es; luisbeni@ucm.es; joseantonio.lopez@cchs.csic.es; katina-lillios@uiowa.edu

RESUMEN

Estudios llevados a cabo en los últimos años indican que la Cultura de las Motillas-asentamientos de la Edad del Bronce de La Mancha- pudieron constituir la primera ordenación del territorio con fines de abastecimiento hídrico, dando lugar a la que se podría denominar la primera cultura hidráulica de Europa. El análisis de los datos permite establecer una estrecha relación entre las características geológicas y la ubicación de las motillas. Fueron construidas durante el Evento Climático 4.2 ka cal BP, en un momento de estrés ambiental. La construcción de pozos para llegar al nivel freático regional, y aprovechar el agua subterránea, constituyó una exitosa solución que pervivió casi un milenio y formó parte principal de los procesos de cambio hacia una sociedad más compleja y jerarquizada. El Holoceno constituye un periodo geológico muy dinámico en lo referente a las fluctuaciones climatológicas. Una de las más importantes, con repercusión a nivel mundial, es el mencionado evento climático 4.2 ka cal BP, relacionado con el colapso de diversas civilizaciones. Este evento, en nuestro territorio, ocurrió en la transición entre la Edad del Cobre y la del Bronce en La Mancha, y se caracterizó por una marcada aridez, con una fase más intensa, entre 2.000 y 1.800 cal BC, en que disminuyeron de manera notable las precipitaciones y se incrementó la temperatura. La Cultura de las Motillas de la Edad del Bronce de La Mancha constituye una singular forma de adaptación de los pobladores del territorio a esta situación climatológica.

Palabras clave: Agua subterránea, Arqueología, cambio climático, Edad del Bronce, España, La Mancha, Motillas, Paleohidrogeología.

The Culture of the Motillas in La Mancha - witness to the 4.2 ka cal BP Climate Event

ABSTRACT

Recent investigations indicate that the culture of the "motillas" – the Bronze Age settlements of La Mancha – may be the oldest evidence for large-scale water management in Europe. The archaeological and paleo-environmental data suggest a close relationship between the location of the "motillas" and the geological landscape. "Motillas" were built during the 4.2 ka cal BP climate event, at a time of environmental stress. The construction of wells that reached the local water table to access groundwater was a successful solution that lasted almost a millennium and was an important technological development that shaped the emergence of more complex and hierarchical societies in the region. The Holocene is a dynamic geological period in terms of climatic fluctuations. One of the most important of these dynamics, with global impact, is the aforementioned 4.2 ka cal BP climate event, which has been related to the collapse of diverse civilizations around the world. This event, in the Iberian Peninsula, occurred at the transition between the Copper Age and Bronze Age in La Mancha (as well as in other regions of the Peninsula). It was characterized by marked aridity, with a more intense phase, between 2,000 and 1,800 cal BC, during which there was a decrease in rainfall and an increase in temperature. The Bronze Age culture of the "motillas" of La Mancha constitutes a unique adaptation of the inhabitants of the territory to this climatic situation.

Keywords: archaeology, Bronze Age, climate change, groundwater, La Mancha, "motillas", paleohydrogeology, Spain.

ABRIDGED ENGLISH VERSION

Introduction

A “motillas” is a type of archaeological site located exclusively in the natural region of La Mancha (Spain). They are isolated stone-walled enclosures, which could be ringed by 2-3 walls and sometimes had a central tower. The earliest scientific investigations of these sites date to the end of the 19th century. There are currently 45 known “motillas” (Fig. 1). The inventory of “motillas” that is most widely accepted by the scientific community can be found in Benítez de Lugo (2010) and in Mejías et al. (2015). Between 1974 and 2010, the most thorough archaeological excavation of a motilla took place at El Azuer (Daimiel, Ciudad Real) (Fig. 1). This project developed in two phases. In the first, between 1974 and 1986, the so-called “eastern patio” was exposed and later defined as the oldest well in the Iberian Peninsula and probably in Europe (Fig. 2). In its external morphology, a “motilla” appears as a small mound on a flat landscape. The largest ones are around ten metres high and have a diameter reaching around a hundred metres. Because their appearance can be easily confused with other artificial elevations in the landscape (Fig. 3), it is important to carefully investigate their archaeology to determine whether they are indeed a “motilla” of the Bronze Age of La Mancha. The key to our current interpretation of the La Mancha “Motilla” Culture focuses on two aspects: on the one hand, the existence of the well at the El Azuer “motilla” (and probably in five other “motillas”) and, on the other hand, on the physiographic location of the “motillas”. “Motillas” are located on a Quaternary geological landscape on flat ground on deposits of fluvial plains, in endorheic basins, and at the bottom of sinkholes or peat bogs. That is to say, they are found on land closely related at some point in recent geological history with the presence of surface water. Because the landscapes were regularly flooded, it was difficult for archaeologists to imagine that they were human settlements or storage facilities for grains.

The culture of the “Motillas” and the third millennium cal BC

The interpretation of the origin and disappearance of the culture of the “motillas” has evolved due to the advance of archaeological and paleo-environmental studies. At the end of the 19th century, “motillas” were initially identified as funerary monuments. Later, Nájera and Molina proposed the existence of two different kinds of sites: hilltop settlements and “motillas”. The hilltop settlements, according to these authors, would have their origin in the Argaric culture, whilst the “motillas” would have come from the Levante of Spain. In the 21st century, two new classes of Bronze Age sites were identified in the La Mancha region: pits and sacred monuments. An example of the former is La Villeta (Ciudad Real) (Fig. 4). Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real) (Fig. 5) is an example of the second type; it has ceremonial centre where a burial cave was monumentalized by a mound and from which several corridors, oriented to the solstices, were built.

The current interpretation of the El Azuer “motilla” is that it was built to control the water available in La Mancha, as well as to store cereals at a time when climatic conditions were different from today, and were marked by cold and severe aridity. Given that “motillas” were largely built on the flood plains of the rivers, where the phreatic level could be relatively easily reached, it seems likely that inhabitants were concerned with accessing water, particularly in periods of aridity.

In addition to the archaeological and paleo-environmental evidence, recent genetic studies have also contributed to our understanding of the third millennium cal BC. These studies suggest that there was a significant shift in the ancestry of males living in Iberia at the beginning of the second half of the third millennium cal BC, with these males showing genetic ancestry to people from the Steppic regions of Eastern Europe.

Water in La Mancha 4,000 years ago

The flat topography of the Manchega plateau and the existence of aquifers close to the surface means that the water table was close to the surface. The water table near the “motillas” ranges from 5 m to 30 m.

The 4.2 ka cal BP climate event

In recent years, special scientific attention has been placed on the so-called 4.2 ka cal BP event (~ 2200-2000 cal BC), which was a cold and arid climatic event recognized in numerous sedimentary contexts in the northern hemisphere. It has been defined as a phase of environmental stress characterized by a severe and prolonged global drought, which lasted perhaps about 300 years. It has been documented from the North Atlantic through America, Europe, Africa and Asia. The Iberian Peninsula was also affected, both in the evolution of vegetation

and the demographic dynamics as observed in the transition between the Chalcolithic and the Bronze Age.

The emergence of the La Mancha "motillas" has been related to the arid conditions of the 4.2 ka cal BP event and viewed as a response to an urgent need for water in a time of drought. The palynological analysis of the Azuer "motilla" has been the key to this question. Four paleo-environmental phases have been documented at the site: 1) 2200/2150-2000 cal BC, in which there was a dehesa landscape under warm and sub-humid conditions; 2) 2000-1800 cal BC, in which the climate became progressively more thermal but fundamentally more arid; 3) 1800-1600 cal BC, with characteristics similar to the first phase; and 4) 1600-1400/1350 cal BC, in which conditions of high rainfall and maximum environmental humidity were reached, which caused the end of the use of the "motilla".

Conclusions

The culture of the "motillas" of the Bronze Age of La Mancha can be considered the first hydraulic culture of Europe. The relationship between the appearance and disappearance of the "motillas" and the development of the 4.2 ka cal BP event, which was characterized by extreme aridity, especially in the Mediterranean, is indisputable. The existence in the Manchega Plateau of aquifers close to the ground surface and the presence of shallow water tables led human groups to excavate wells between 5 m and 30 m deep to supply the population with good quality water during periods of water scarcity.

The timing of the 4.2 ka cal BP climate event and the arrival of people with Steppic ancestry coincides with the construction of the La Mancha "motillas". For this reason, it seems reasonable to presume a relationship between these events, although the precise nature of this relationship needs to be further investigated, since there were other population shifts on the peninsula at this time.

Similarly, the end of the climatic event, when wetter conditions developed, coincides with the abandonment of the "motillas". The increase in precipitation and the progressive elevation of the phreatic level after 1800 cal BC would have allowed for the recovery of rivers and humid zones that had nearly disappeared between 2000-1800 cal BC, to the point that some "motillas" could have flooded. From that moment, after abandoning the "motillas", the people of La Mancha redefined their relationship with the environment. At the end of the Bronze Age, they were involved in new forms of social and economic organization and new models of settlement away from the wetter environments where the "motillas" used to be.

Introducción

Las motillas son un tipo de yacimiento arqueológico que se ubica exclusivamente en la región natural de La Mancha (España). Evidentemente, su estudio y puesta en valor desde el punto de vista arqueológico ha dado lugar a un importante número de referencias científicas (Galán Saulnier y Sánchez Meseguer, 1994; Martínez Navarrete, 1988, 1989a y 1989b; Ruiz Taboada, 1996; Gilman *et al.*, 2000; Fernández-Posse *et al.*, 2008; Benítez de Lugo, 2010, 2011a y 2011b).

En el siglo XIX ya existen algunas descripciones de estos yacimientos. La primera investigación con criterio científico se remonta a finales del siglo XIX, cuando Hervás y Buendía (1899) llevó a cabo un primer estudio de la motilla de Torralba de Calatrava (Ciudad Real), ubicada junto al cauce del arroyo Pellejero, interpretándola como un monumento funerario megalítico para ritos de incineración (Fig.1).

Desde esta fecha y hasta la década de los años 80 del pasado siglo, se suceden investigaciones arqueológicas en varias motillas. Cabe resaltar la de Los Romeros (Almagro, 1973; García Pérez, 1988), la de Los Palacios o la de Las Cañas (Molina y Nájera, 1978; Molina *et al.*, 1983) (Fig.1). En Mejías *et al.* (2015) se puede consultar un resumen de los principales hitos relativos a la investigación de las motillas.

Pero es a partir del año 1974, y hasta 2010, cuando en la motilla de El Azuer (Daimiel, Ciudad Real) (Fig.1) se realiza la excavación arqueológica más completa llevada a cabo hasta la fecha en este tipo de yacimientos, por parte de la Universidad de Granada y bajo la dirección de Fernando Molina y Trinidad Nájera. La investigación se desarrolla en dos periodos: el primero entre 1974 y 1986, fase en la que se pone al descubierto el entonces denominado "patio oriental"; y que, posteriormente, se definió como el pozo más antiguo de la península Ibérica y probable-

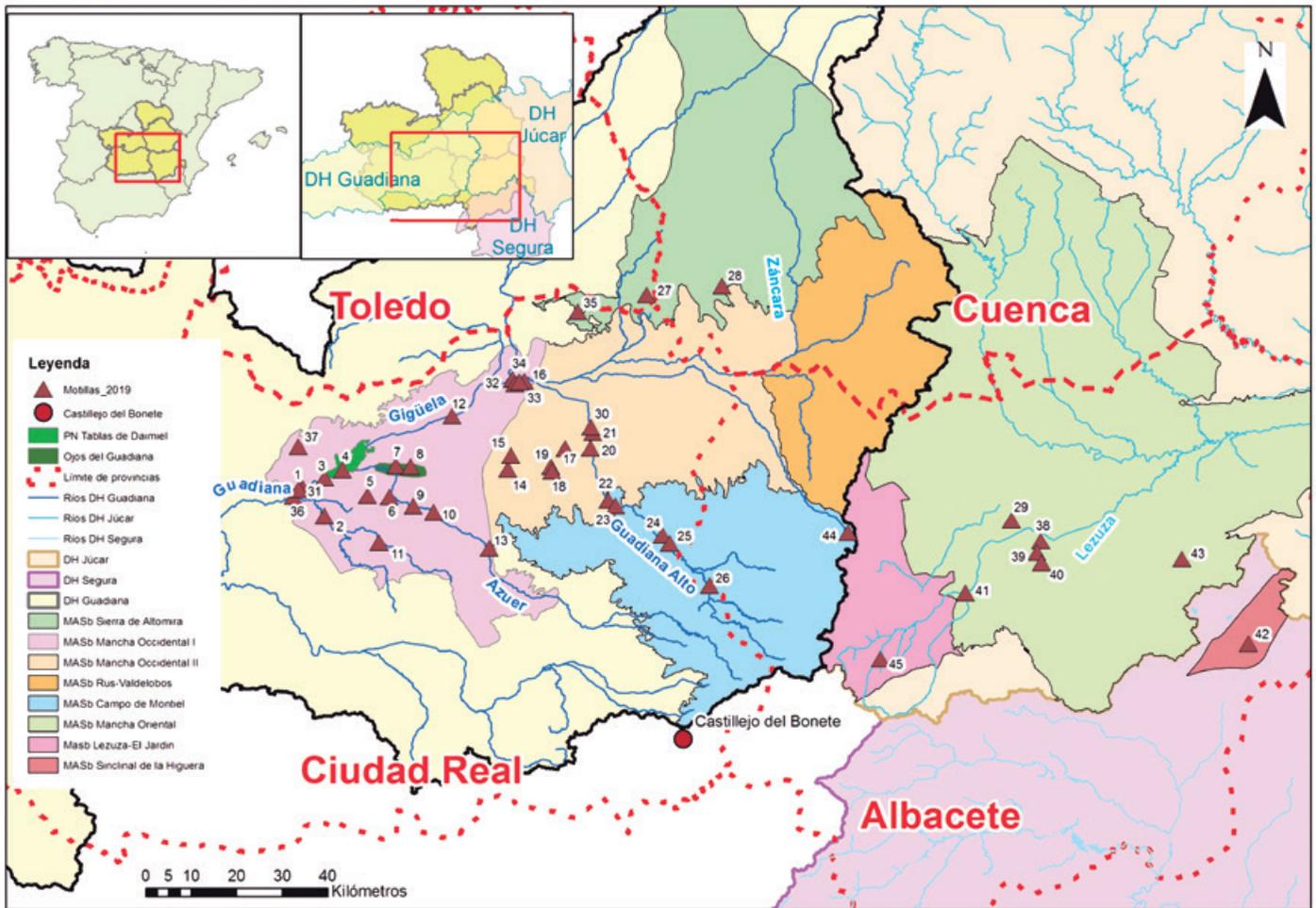


Figura 1. Localización geográfica e hidrológica de las 45 motillas ubicadas en la región natural de La Mancha, con las masas de agua subterránea (MASb) y los cursos fluviales principales. Motillas de El Quintillo (1), Torralba (2), El Cura (3), Las Cañas (4), La Albuera (5), Daimiel (6), La Máquina (7), Zuacorta (8), La Vega Media (9), El Azuer (10), Los Palacios (11), La Vega (12), El Espino (13), Pedro Alonso (14), Los Romeros (15), Brocheros (16), Casa de Mancha (17), Barrios (18), Perales (19), La Membrilleja (20), El Juez (21), Santa María (22), El Retamar (23), La Moraleja (24), Laguna de Cueva Morenilla (25), La Jacidra (26), El Morrión (27), El Pedernoso (28), El Acequión (29), El Cuervo (30), Malvecinos (31), Pedregosas (32), Camino de Herradero I (33), Camino de Herradero II (34), Huerta de Triviño (35), Antonino (36) Malagón (37) Ojo de San Jorge (38), Hoya Vacas (39), Gorrineras (40), Balazote (41) Hoya Rasa (42), Prado Viejo (43), Chavillo (44), Arquillo (45) (elaborado por J. del Pozo).

Figure 1. Geographic and hydrologic position of the 45 “motillas” located in the natural region of La Mancha, groundwater bodies and principal rivers. “Motillas”: El Quintillo (1), Torralba (2), El Cura (3), Las Cañas (4), La Albuera (5), Daimiel (6), La Máquina (7), Zuacorta (8), La Vega Media (9), El Azuer (10), Los Palacios (11), La Vega (12), El Espino (13), Pedro Alonso (14), Los Romeros (15), Brocheros (16), Casa de Mancha (17), Barrios (18), Perales (19), La Membrilleja (20), El Juez (21), Santa María (22), El Retamar (23), La Moraleja (24), Laguna de Cueva Morenilla (25), La Jacidra (26), El Morrión (27), El Pedernoso (28), El Acequión (29), El Cuervo (30), Malvecinos (31), Pedregosas (32), Camino de Herradero I (33), Camino de Herradero II (34), Huerta de Triviño (35), Antonino (36) Malagón (37) Ojo de San Jorge (38), Hoya Vacas (39), Gorrineras (40), Balazote (41) Hoya Rasa (42), Prado Viejo (43), Chavillo (44), Arquillo (45) (developed by J. del Pozo).

mente de Europa (Fig. 2). La segunda fase se lleva a cabo entre los años 2000 y 2010, en la que se alternan los trabajos de investigación con los de consolidación y reconstrucción del yacimiento (Nájera, 1984; Nájera y Molina, 1977, 2004a, 2004b y 2004c; Nájera et al., 2004 y 2010).

El 20 de junio de 2013, la motilla de El Azuer se declaró “Bien de Interés Cultural”. El 21 de junio de 2014 se inauguró oficialmente la apertura de las visitas para

el público en general, dependientes y gestionadas por el ayuntamiento de Daimiel (Ciudad Real); y desde entonces se ha convertido en uno de los mayores atractivos turísticos del municipio y de toda la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha.

En su morfología externa, una motilla aparece como un pequeño montículo sobre un terreno de topografía muy plana, las más grandes llegan a alcanzar una altura en torno a diez metros, o poco más en



Figura 2. Vista aérea oblicua de la motilla de El Azuer desde RPA (Remote Pilot Aircraft), en la que se observa en primer término el pozo de captación de agua subterránea (Servicio de Trabajos Aéreos del IGME).

Figure 2. Aerial oblique view of the Azuer "motilla" (Daimiel, Ciudad Real), from a remote pilot aircraft (RPA), where the first groundwater borehole can be seen (Servicio de Trabajos Aéreos del IGME).

el mejor de los casos, y un diámetro que alcanza un máximo en torno al centenar de metros. De manera que su identificación a primera vista puede resultar fácilmente confundida con otras elevaciones más o menos artificiales del terreno (Fig. 3), siendo necesario determinar con precisión sus características arqueológicas para definir si efectivamente se trata de uno de estos yacimientos tan característicos de la Edad del Bronce de La Mancha. El número de motillas se ha ido incrementando con el tiempo. Actualmente consta de 45 unidades (Fig. 1), de las que 34 se sitúan en la provincia de Ciudad Real, 9 en la de Albacete y 1 en cada una de las provincias de Toledo y Cuenca. Los inventarios más aceptados por la comunidad científica pueden consultarse en Benítez de Lugo (2010), en Mejías et al. (2015), en Lenguazo (2015) y en Benítez de Lugo

y Mejías (en prensa); se presenta una nueva actualización e integración en este trabajo (Fig. 1).

La clave para el entendimiento y la interpretación actual de la Cultura de las Motillas de La Mancha se centra en dos aspectos: por un lado, la existencia del pozo de la motilla de El Azuer, anteriormente mencionado y sobre el que se aportará más información en los siguientes epígrafes; y, por otro lado, en la propia ubicación fisiográfica de las motillas. Como se referirá con detalle más adelante, éstas se sitúan sobre materiales geológicos del Cuaternario, de topografía muy llana; sobre depósitos de llanuras fluviales, rellenos endorreicos, fondos de dolinas o turberas, por citar los más habituales; es decir, terrenos estrechamente relacionados en algún momento de la historia geológica reciente con la presencia de masas de agua superficiales.



Figura 3. Vista general del aspecto exterior de una motilla que no ha sido intervenida arqueológicamente: motilla de El Cura (Daimiel, Ciudad Real), año 2014 (M. Mejías).

Figure 3. General view of the outside of a "motilla" without any archaeological intervention: "motilla de El Cura" (Daimiel, Ciudad Real), 2014 (M. Mejías).

De manera que esta situación, tan estrechamente relacionada con la hidrografía, resultaba poco coherente con la posibilidad de establecer asentamientos humanos en zonas que, teóricamente, deberían estar esporádicamente, o permanecer gran parte del tiempo, anegadas de agua debido a su proximidad a cursos fluviales, lagunas y llanuras de inundación.

El análisis arqueológico, geológico e hidrogeológico llevado a cabo por especialistas en Arqueología e Hidrogeología en los primeros años de la segunda década del presente siglo (Benítez de Lugo y Mejías, 2014, 2015, 2016a, 2016b, 2017; Benítez de Lugo *et al.*, 2014; Mejías, 2014; Mejías *et al.*, 2014), condujo a la hipótesis de que los asentamientos debieron llevarse a cabo en las zonas en que se produjeron las últimas presencias de agua superficial o donde la naturaleza aportaba indicios de la presencia de agua subterránea, como la persistencia de encharcamientos o pequeños rezumes o la existencia de vegetación hidro-higrófila.

También, probablemente, condicionado por el conocimiento empírico de sus habitantes de que dónde se produjo en último término la desaparición de agua superficial, está podría todavía mantenerse en el subsuelo.

Es decir, los habitantes de la Edad del Bronce de La Mancha de alguna manera intuyeron que en esas áreas se podía alcanzar el nivel freático y abastecer sus asentamientos con agua subterránea de buena calidad, que permitiera su supervivencia en una época de clima árido, con una notable disminución de las precipitaciones y en la que los ríos solo correrían en momentos puntuales de precipitaciones relativamente más intensas, disponiendo de recursos hídricos subterráneos en los acuíferos regionales de la zona a profundidades alcanzables con las rudimentarias herramientas disponibles hace 4.000 años. Esta situación de estrés hídrico coincide con el evento climático 4.2 ka cal BP, como se describirá a continuación.

La cultura de las Motillas

La interpretación sobre el origen y la desaparición de la Cultura de las Motillas ha ido variando debido al avance de los estudios arqueológicos y paleoambientales. A finales del siglo XIX, como se dijo, las motillas fueron identificadas inicialmente como monumentos funerarios (Hervás y Buendía, 1899). Mucho más tarde, Nájera y Molina (1977) y Nájera (1984) plantearon la existencia de dos diferentes procedencias para los habitantes de los dos tipos de yacimientos conocidos hasta entonces, que eran identificados como asentamientos: poblados en altura y motillas. Los primeros, según dichos autores, tendrían su origen en El Argar (Almería); mientras que los segundos procederían del Levante. Poco después surgió la hipótesis planteada por C. Martín Morales, expuesta en Martín-Morales *et al.* (1993), quien afirmó en un momento inicial de la investigación que fueron gentes de la cultura argárica los que a comienzos de la Edad del Bronce llegaron a Albacete para construir las morras y luego a Ciudad Real para edificar las motillas. Más adelante la propia investigadora, tras analizar en profundidad las dataciones cronológicas y avanzar en sus estudios, convino que las morras no eran anteriores a las motillas (Fernández-Posse *et al.*, 1996).

Desarrollando también visiones difusionistas, Sánchez Meseguer y Galán Saulnier intentaron explicar el origen del Bronce de La Mancha a partir de influencias del Mediterráneo Oriental, mediante la llegada de gentes que buscaban metales en las proximidades de las zonas costeras y que después penetraron hacia el interior (Sánchez Meseguer *et al.*, 1985). Esta teoría ha quedado desfasada, por cuanto que atribuye de forma indirecta al Bronce Argárico o del Sureste un origen extrapeninsular, cuando su desarrollo a partir del sustrato indígena calcolítico es evidente. En efecto, a partir de las prospecciones realizadas en La Mancha Oriental, el equipo de Gilman, Fernández Miranda, Fernández-Posse y Martín Morales reconoció un importante sustrato indígena de época calcolítica, que debió recibir influencias de otros territorios; que aportarían nuevas ideas sobre el trabajo del metal, entre otras cosas (Fernández-Posse *et al.*, 1996 y 2008; Gilman *et al.*, 2000). Recientemente se ha constatado la presencia en Iberia, a partir de la segunda mitad del III Milenio cal B.C., de descendientes de los pastores de las estepas orientales de Europa que produjeron a finales del Calcolítico y comienzos de la Edad del Bronce un reemplazo casi completo de la población masculina preexistente, y no de la femenina (Olalde *et al.*, 2019). La muestra fosilizada que refleja el paradigma de la unión entre unos hombres con ascendencia oriental y las mujeres nativas locales se encuentra en

la Tumba 4 de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real), un lugar sagrado utilizado en ese momento en el que han sido constatados rituales en torno a los ancestros y a un culto solar (Benítez de Lugo, 2018; Benítez de Lugo y Esteban, 2018). Todo ello daría como resultado la formación de ese complejo cultural denominado actualmente como "Bronce de La Mancha".

El avance de los estudios ha permitido comprobar que efectivamente sí existe una ocupación calcolítica previa en La Mancha (Benítez de Lugo, 2011b; López-Sáez *et al.*, 2017a), en ocasiones situada en el mismo lugar en el que siglos después sería construida una motilla. El estudio de referencia más reciente para explicar la motilla de El Azuer considera que la principal razón de existencia de esta clase de instalaciones era controlar el agua disponible en La Mancha, así como -al menos en el caso de esta motilla- almacenar a gran escala cereales. A partir de las evidencias funerarias sus investigadores señalan una relación política compleja entre los asentamientos en altura, como es La Encantada, que estarían ocupados por las élites de esta Cultura, y las motillas, que serían poblados habitados por personas sin diferencias sociales relevantes, dedicadas a la gestión de recursos subsistenciales básicos como son el agua o los cereales (Aranda *et al.*, 2008). En la Universidad Autónoma de Madrid se ha leído recientemente una tesis doctoral que enfatiza la relación entre las motillas, su territorio de explotación directa y la ocupación de éste, así como en el aprovechamiento de los recursos disponibles (Lenguazco, 2015 y 2018).

Prospecciones geofísicas desarrolladas en cinco motillas han permitido constatar en todas ellas lecturas compatibles con posibles pozos colmatados (Teixidó *et al.*, 2013; Mejías *et al.*, 2015). Recientemente se ha demostrado la existencia de una estrecha relación entre las motillas y el sustrato geológico e hidrogeológico sobre el que se ubican (Benítez de Lugo y Mejías, 2016a y 2017). La construcción de las motillas se realizó, en su gran mayoría, sobre las llanuras de inundación de los ríos, probablemente aplicando sus habitantes el supuesto de que la presencia de agua estaría asegurada incluso en periodos de aridez, dándose en las zonas de ubicación de las motillas los condicionantes hidrogeológicos necesarios para que el nivel freático se encontrase a una profundidad accesible con los medios prehistóricos. El agua subterránea disponible en estas formaciones podría ser extraída mediante pozos de poco calado. Se ha considerado que el objetivo último de los pozos, previsiblemente existentes en la mayoría de las motillas, era alcanzar el techo de las calizas del Plioceno, en el caso de las ubicadas en la MASb Mancha Occidental I (Fig. 1). La observación y



Figura 4. Campo de silos 'La Villeta' (Ciudad Real) (L. Benítez de Lugo).

Figure 4. Silos in the 'La Villeta' area (Ciudad Real) (L. Benítez de Lugo).

experiencia indicó a los pobladores prehistóricos de La Mancha que seguía habiendo agua almacenada en este acuífero carbonatado regional, incluso en las épocas de aridez más extrema, durante las cuales habrían desaparecido las aguas superficiales y descendido el nivel freático de los acuíferos cuaternarios.

En la Cultura de las Motillas existen dos clases de sitios no identificados hasta el siglo XXI: los campos de silos y los monumentos sagrados. En La Villeta (Ciudad Real) fueron documentados 21 silos amortizados rellenos con restos de fauna consumida, cerámica rota y algunas piezas metálicas (Fig. 4), entre las cuales destaca un excepcional puñal de cobre de 15 cm (Benítez de Lugo, 2010).

Su localización, alejada de cursos de agua, facilitaría la conservación del grano en un ambiente seco.

Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real), (Fig. 1), es un centro ceremonial en donde una cueva sepulcral fue monumentalizada mediante un gran

túmulo, del cual parten varios corredores construidos con orientación solsticial, alguno de los cuales conecta con más estructuras tumulares (Fig. 5). Algunas relaciones entre Castillejo del Bonete y las motillas han sido puestas de manifiesto, como son la monumentalización de un acceso al mundo subterráneo, el papel de los muertos enterrados a su alrededor y la forma tumular de estas construcciones (Benítez de Lugo y Mejías, 2016b).

El agua en La Mancha hace 4.000 años

Resulta obvio, que la historia de la humanidad está íntimamente relacionada con la presencia del agua. Los asentamientos humanos de las diferentes épocas y culturas se encuentran siempre cerca de fuentes de agua dulce. La mayoría de las veces ligados a cauces de agua superficial, pero también, en bastantes ocasiones, y en relación con los diferentes periodos climatológicos se-



Figura 5. Lugar sagrado en Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real) (Luis Benítez de Lugo).

Figure 5. Sacred place in Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real) (Luis Benítez de Lugo).

cos, la presencia humana se ha localizado en áreas de encharcamientos, zonas húmedas o manantiales relacionados con las aguas subterráneas, de manera que el acceso a éstas se pudiera llevar también a cabo mediante excavaciones (Pérez-Díaz *et al.*, 2017).

Desde el Neolítico Antiguo existe en Europa el conocimiento para la perforación puntual de pozos de planta circular y desarrollo vertical, con propósito de explotación minera, hidráulica o religiosa. Algunos de ellos están asociados a monumentos megalíticos, como sucede en los santuarios con pozo de la Cultura Nurágica de Cerdeña o en el pozo de Menga, que forma parte del Conjunto Arqueológico Dólmenes de Antequera (Málaga), y cuya adscripción cultural es más debatida (García Sanjuán y Mora Molina, 2018).

De manera que, sin que hasta el momento exista una constancia científica en cuanto a la cronología del pozo de Menga, una de las zonas en España que cumple estas características, de presencia de masas

de agua superficiales y de aguas subterráneas con puntos de descarga de acuíferos de interés regional, es La Mancha. Y es en la motilla de El Azuer donde se ha excavado y descrito el pozo de captación de agua subterránea más antiguo de España y, probablemente, el más antiguo de Europa de los que cuentan con un recubrimiento de mampostería.

Como se ha referido en el epígrafe anterior, la motilla de El Azuer forma parte de la Cultura de las Motillas de la Edad del Bronce de La Mancha. Estos yacimientos constituyen el referente principal de una de las más antiguas culturas capaces de aprovechar de forma sistemática el agua subterránea en la península Ibérica y, probablemente, de Europa (Martín Morales *et al.*, 1993; Aranda *et al.*, 2008; Fernández-Posse *et al.*, 2008). Una notable concentración de motillas, mayor que en otros lugares, existe en el entorno del Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel (Fig.1). En concreto, en sus proximidades se ubican ocho motillas.

Como se ha desarrollado en estudios precedentes (Benítez de Lugo y Mejías, 2014 y 2017; Benítez de Lugo *et al.*, 2014; Mejías *et al.*, 2014 y 2015), la ubicación de las motillas viene en gran medida determinada por la existencia en el subsuelo de acuíferos de interés regional, infrayacentes a las mismas, con el nivel freático próximo a la superficie y con unos materiales geológicos fácilmente excavables con las herramientas disponibles en la Edad del Bronce. Estos acuíferos facilitaron el abastecimiento de agua subterránea mediante la excavación de pozos de escasa profundidad, que se ubicarían en el interior de las motillas. La evidencia más clara de existencia de pozos en las motillas se da en la de El Azuer; ésta sería además una de las motillas en las que la profundidad del nivel freático requeriría una mayor excavación. No obstante, estudios realizados mediante prospección geofísica (Ibarrá, 2015) indican anomalías de resistividad eléctrica que corresponderían con excavaciones asimilables a la perforación de pozos en las motillas de El Acequión, El Retamar, Santa María y El Cura (Fig. 1).

Hidrogeología de la cuenca alta del río Guadiana

La distribución espacial de las motillas de La Mancha abarca gran parte de la llanura manchega, estando presentes en cuatro provincias: Ciudad Real, Toledo, Cuenca y Albacete (Fig. 1). Desde el punto de vista de la división hidrológica, las 45 motillas catalogadas según Benítez de Lugo (2010) se distribuyen en 6 masas de agua subterránea (MASb); 4 de ellas pertenecen a la cuenca hidrográfica del río Guadiana: 041.001 Sierra de Altomira, 041.006 Mancha Occidental II, 041.007 Mancha Occidental I y 041.010 Campo de Montiel; las

dos masas de agua restantes pertenecen a la cuenca hidrográfica del río Júcar: 081.129, Mancha Oriental y 081.136 Lezuza-El Jardín (Fig. 1).

La topografía plana de la Llanura Manchega y la existencia de formaciones acuíferas cercanas a la superficie topográfica, dan lugar, en situación de régimen natural, a la presencia del nivel freático próximo a la superficie. La relación de las aguas subterráneas con los cauces de aguas superficiales es absoluta en toda la llanura manchega, produciéndose transferencia de agua en un sentido o en otro dependiendo de la zona y la secuencia climática. De manera que, en todas las motillas, las formaciones acuíferas, y su respectivo nivel freático, se encontrarían relativamente cerca de la superficie, desde unos 5 m hasta una profundidad máxima de unos 30 m.

A continuación, se resumen las principales características hidrogeológicas de cada una de estas masas de agua subterránea, que condicionan las posibilidades de aprovechamiento de sus recursos hídricos subterráneos, tanto en la Edad del Bronce, con los medios y tecnología existente en la época, como en épocas posteriores, hasta llegar a la actualidad.

MASb Sierra de Altomira (41.001)

En esta MASb se ubican tres motillas, la de Huerta de Treviño, la de El Morrión y la de El Pedernoso (Fig. 1). En la MASb existen dos sistemas acuíferos, el inferior, y de mayor interés desde el punto de vista de su aprovechamiento, está constituido por calizas, dolomías, brechas, arenas y arcillas de edad jurásica y cretácica, de gran espesor y de permeabilidad media a alta. El acuífero superior está formado por sedimentos detríticos terciarios de permeabilidad media y mediocre calidad en cuanto a sus posibilidades de aprovechamiento (Del Pozo *et al.*, 2019). La recarga de agua en esta MASb se produce fundamentalmente por infiltración directa de la lluvia y por la escorrentía superficial. Las tres motillas localizadas en esta MASb se ubican en su límite meridional. Es en este tercio inferior donde los niveles acuíferos presentan unas características similares a los de la MASb Mancha Occidental II, y donde resulta posible alcanzar el nivel piezométrico a profundidades relativamente asequibles con la tecnología de la Edad del Bronce. En la vertical de la de El Morrión el acuífero Jurásico se encuentra infrayacente al recubrimiento terciario, por lo que serían los niveles permeables de este los que se podrían aprovechar para abastecimiento, con el nivel freático en torno a unos 15 m de profundidad. La de El Pedernoso, se ubica directamente en el acuífero mesozoico, aunque el nivel freático podría alcanzar profundidades mayores, de hasta 30 m.

MASb Mancha Occidental II (41.006)

Dentro de la delimitación de esta MASb se encuentran ocho motillas: la de Pedro Alonso, Los Romeros y Casa de Mancha en Alcázar de San Juan (Ciudad Real); motilla de Barrios, de Perales y de La Membrielleja en Argamasilla de Alba (Ciudad Real) y motilla de El Juez y de El Cuervo en Campo de Criptana (Ciudad Real) (Fig. 1).

En este sistema también se diferencian dos acuíferos superpuestos, el inferior formado por materiales carbonatados mesozoicos en régimen parcialmente confinado, de permeabilidad media a alta, y el superior constituido por sedimentos detríticos, calizas y calizas margosas, de edad terciario y cuaternario, en régimen libre y permeabilidad también media a alta (Mejías *et al.*, 2012; Mejías y del Pozo, 2019). Sería este último el susceptible de aprovechamiento mediante la excavación de pozos en la Edad de El Bronce.

La MASb se localiza en la depresión que conforma la llanura manchega, la cual está rellena de materiales continentales (de edad miocena y pliocena) recubiertos parcialmente por rañas, piedemontes y por sedimentos cuaternarios. El sustrato de la depresión está formado por un zócalo paleozoico de permeabilidad baja (pizarras y cuarcitas) sobre el que se desarrolla en discordancia el Triásico, Jurásico y Cretácico (calizas, dolomías, gravas y areniscas) y finalmente el Paleógeno (arcillas y yesos) y el Neógeno (calizas, calizas lutíticas y sedimentos detríticos).

El acuífero superior aflora prácticamente en toda la superficie de la MASb, a veces recubierto por materiales detríticos del Cuaternario en continuidad hidráulica con los carbonatados del Mioceno-Plioceno. Las motillas ubicadas en esta masa podrían acceder al nivel freático, en valores medios, mediante excavaciones de profundidad en torno a 20 m, en las que captarían el agua subterránea en algunos casos de los materiales de recubrimiento detrítico cuaternario y en otros llegando directamente al acuífero calizo regional mioplioceno.

MASb Mancha Occidental I (41.007)

Dentro de la superficie ocupada por esta MASb se encuentran veinte motillas: la del Quintillo (Fernancaballero, Ciudad Real), Torralba (Torralba de Calatrava, Ciudad Real), El Cura, Las Cañas, La Albuera, motilla de Daimiel, La Máquina, de Zuacorta, La Vega Media y motilla de El Azuer (todas ellas en el término municipal de Daimiel, Ciudad Real); motilla de Malagón (Malagón, Ciudad Real) motilla de Los Palacios (Almagro, Ciudad Real), de La Vega (Villarta de San Juan, Ciudad Real), de El Espino, (Membrilla, Ciudad Real), Brocheros, Camino de Herradero I y II, Pedregosas, (Alcázar de San Juan, Ciu-

dad Real) y motillas de Antonino y de Malvecinos (Carrión de Calatrava, Ciudad Real) (Fig. 1).

En esta MASb existe un único sistema acuífero de carácter libre y permeabilidad media a alta, formado por calizas y margas del Plioceno y niveles detríticos, de escaso espesor, del Cuaternario. La base del acuífero está constituida por arcillas rojas, areniscas y yesos pliocenos, suprayacentes a los materiales del zócalo triásico o bien directamente al basamento paleozoico, compuesto por cuarcitas y pizarras. El acuífero se extiende por toda la masa y contiene agua de buena calidad. El desagüe natural principal de la MASb, y de prácticamente toda la cuenca alta del Guadiana (CAG), se produce en los manantiales denominados Ojos del Guadiana (Fig. 1), un conjunto de surgencias de agua subterránea que se produce en los lugares donde la topografía corta al nivel freático, dando lugar a lo que en la toponimia local se denominan ojos y manaderos, por los que el agua subterránea va incrementado el caudal del río Guadiana hasta su confluencia con el Gigüela, zona en la que se forman Las Tablas de Daimiel, núcleo del parque nacional homónimo.

Esta MASb, al igual que la gran mayoría de las que forman la CAG, han sufrido un intenso aprovechamiento de sus recursos hídricos subterráneos desde finales de los años setenta del pasado siglo, modificando de manera muy importante su sistema natural de flujo (Mejías *et al.*, 2012; Mejías y del Pozo, 2019) y dando lugar, entre otros efectos, a la aparición de colapsos en el terreno (Bórnez *et al.*, 2017). Las extracciones de agua han supuesto descensos máximos medios del nivel freático de más de 30 m, que se han moderado desde la concurrencia del último periodo húmedo 2009-2014.

Así, hace 4.000 años, en las motillas localizadas en el entorno del cauce del Guadiana bastaría con realizar excavaciones de unos 10 m para llegar al nivel freático del acuífero regional. Las situadas en el límite occidental de la MASb, como la de Torralba, precisarían excavaciones algo más profundas, por encima de los 15 m y las situadas en las proximidades de la población de Daimiel llegarían al nivel freático con excavaciones a partir de 20 m.

Así se pone de manifiesto en el mencionado pozo de la motilla de El Azuer. Esta motilla se sitúa a cota 626 m s.n.m. y resulta preciso profundizar hasta los 606 m s.n.m.; es decir, excavar unos 20 m para alcanzar las calizas del acuífero regional, atravesando 5-6 m de aluvial de la llanura de inundación, un paquete de arcillas de baja permeabilidad (fácilmente excavables) de 10 m de potencia y el resto (4-5 m) de la excavación se haría en las margas que se superponen a las calizas (Fig. 6). Se supone que la finalidad de un pozo de tales dimensiones era la de alcanzar las calizas del Plioceno.

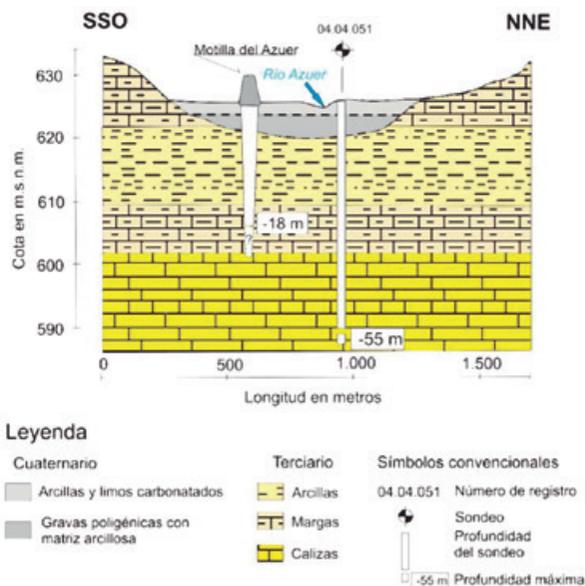


Figura 6. Corte geológico transversal al río Azuer y a la motilla (Benítez de Lugo y Mejías, 2014)

Figure 6: Geological cross section of the Azuer "motilla" and river (Benítez de Lugo y Mejías, 2014)

En las excavaciones arqueológicas realizadas hasta el año 2010 por el equipo de investigación de la Universidad de Granada se limpió y destapó, en seco, el pozo con escalinata (Fig. 2) hasta llegar a los 18 m de profundidad. Hasta el momento no se ha alcanzado el fondo del mismo, por lo que no se conoce con precisión su final, el cual no parece lógico que sean más de 2 ó 3 m que son los que restarían hasta alcanzar las calizas regionales.

MASb Campo de Montiel (41.010)

En el área definida por esta MASb se encuentran seis motillas: la de Santa María y la de El Retamar en Argamasilla de Alba (Ciudad Real), La Moraleja y la de La Laguna Cueva Morenilla, en Ruidera (Ciudad Real) la de La Jacidra, en Villahermosa (Ciudad Real) y la de Chavillo en El Bonillo (Albacete) (Fig. 1).

La MASb de Campo de Montiel es una penillanura formada por una secuencia de sedimentos plegados de forma muy suave. Desde el punto de vista hidrogeológico, y de manera muy esquemática, el acuífero principal está constituido básicamente por calizas y dolomías del Jurásico. El comportamiento del flujo subterráneo está muy condicionado por las fracturas y las discontinuidades del macizo rocoso, que sirven como vías preferentes a la circulación del agua subterránea. La capacidad de almacenamiento del acuífero es muy escasa, de manera que la gran mayoría del agua que circula por su interior se drena rápidamente.

te a las masas de agua subterráneas limítrofes, sobre todo a Mancha Occidental II. Estas características hacen que, además, las fluctuaciones del nivel piezométrico tengan una gran amplitud, condicionadas por las precipitaciones y las secuencias climáticas, de manera que son comunes oscilaciones de nivel de hasta 20 ó 30 m en intervalos de tiempos cortos (Mejías y del Pozo, 2019). Por otro lado, el acuífero resulta bastante heterogéneo, pudiendo dividirse en varios sectores en los que las oscilaciones piezométricas también resultan diferentes. Las seis motillas se sitúan a lo largo del cauce del río Guadiana Alto. El cauce del río se dispone en la zona central de la MASb, donde los materiales carbonatados mesozoicos se encuentran más fracturados y con valores altos de sus parámetros hidráulicos, es decir las motillas se ubican en la zona donde las calizas y dolomías tienen una relativamente mayor capacidad de almacenamiento de agua, en el entorno de las lagunas de Ruidera. La que se sitúa más aguas arriba es la de la Jacidra, próxima al río Pinilla, uno de los arroyos que forman el nacimiento del río Guadiana Alto, tras su confluencia con el arroyo de El Sabinar. Aguas abajo, y en un entorno muy próximo las tres, se encuentran la Moraleja I, la Moraleja II y la de Cueva Morenilla, todas en el cauce del río Guadiana Alto. Finalmente, en el límite norte de la MASb, en la salida del río Guadiana Alto hacia la Llanura Manchega, se ubican la del Retamar y la de Santa María.

En toda esa zona central de la masa, con una topografía marcada por el curso fluvial, el nivel freático regional tiene una profundidad variable, en función de las características hidrogeológicas de las rocas carbonatadas y de la recarga, con valores orientativos entre 10 y 30 m, incluso más cuando se producen lapsos de tiempo largos sin precipitaciones.

Así, el aprovechamiento del agua subterránea, con los conocimientos y tecnología de la Edad del Bronce, resulta más complicado que en las otras MASb. Las rocas son más duras, presentan mayor dificultad para su excavación y el alumbramiento del agua está muy condicionado por las vías preferentes del flujo subterráneo. No obstante, todas se sitúan en el área más favorable para acceder al nivel freático. De manera que, un pozo excavado en estas duras rocas carbonatadas tendría que coincidir con las zonas más fracturadas, y si se perforase en una época más árida tendría que profundizar, en líneas generales, algunas decenas de metros.

MASb Mancha Oriental (081.129) y Lezuza - El Jardín (081.136)

En la MASb de La Mancha Oriental se ubican 6 motillas y en Lezuza - El Jardín 1 motilla. La MASb de la

Mancha Oriental es una unidad de grandes dimensiones, con una extensión de 7.279,70 km², que ocupa la mayor parte de la provincia de Albacete; ámbito de la Demarcación Hidrográfica del río Júcar. Dentro de la superficie ocupada por esta MASb la motilla más estudiada es la de El Acequión (Albacete) (Fig. 1), en la que se han llevado a cabo algunas excavaciones arqueológicas (Fernández-Miranda *et al.*, 1993).

El límite occidental de esta masa limita, principalmente, con las MASb de la cuenca del Guadiana: Rus-Valdelobos y Campo de Montiel. Este es un límite con una notable incertidumbre, ya que la divisoria hidrológica no coincide con la hidrogeológica, especialmente en el ámbito de Rus-Valdelobos, dando lugar a un límite hidrogeológico variable en función del potencial hidráulico a ambos lados y dependiente del binomio recarga-extracciones (López-Gutiérrez *et al.*, 2013). El resto de límites hidrogeológicos son abiertos, de tipo convencional, que lo separan de los sistemas colindantes, a excepción del límite oriental que es de tipo cerrado por extrusión de la formación yesífera del Triásico que, paralelamente, constituye la base impermeable de toda la MASb.

No es objeto entrar en detalle en las características hidrogeológicas de esta masa, ya que las motillas que se localizan en ella resultan fácilmente encuadrable hidrogeológicamente; no obstante, de manera muy resumida, cabe resaltar que la geometría del sistema es predominantemente de tipo tabular y con plegamientos suaves. Son tres las formaciones acuíferas que la conforman: 1) Calizas y dolomías del Jurásico medio (Fm. Colleras, Chorro y Gallinera), 2) Calizas y dolomías de Cretácico superior (Fm. Franco y Benajama) y 3) Calizas del Mioceno superior (Fm. Calizas lacustres del Ponticense). Todas las formaciones son de naturaleza carbonatada y presentan elevada permeabilidad por fisuración y karstificación. Las formaciones jurásicas y cretácicas se encuentran normalmente confinadas, mientras que el Ponticense suele comportarse como un acuífero libre.

Superpuestos a las formaciones anteriores se disponen sedimentos recientes de carácter detrítico (arenas, limos, arcillas y gravas) y edad terciario-cuaternaria, que llegan a configurar en zonas especialmente favorables pequeños acuíferos de características mucho más moderadas. En realidad, forman un acuitado cuyas aguas percolan lentamente hacia las formaciones acuíferas inferiores. Esta circunstancia hace que los niveles de agua se encuentren muy someros y que en algunos puntos se originen zonas encharcadas dando lugar a lagunas temporales, tal es el caso de la zona de El Acequión.

De manera que, probablemente, la presencia de agua en la laguna de El Acequión predispuso a los

habitantes de la Edad del Bronce a buscar el recurso hídrico en profundidad, una vez que se hubiese desecado esta por la disminución de las precipitaciones. Desaparecida el agua superficial, para alcanzar el nivel freático resulta suficiente con perforar un pozo que atravesase los niveles arcillosos de depósito lagunar y alcanzase el nivel acuífero Plioceno, constituido por calizas lacustres. A partir de unos cinco metros de profundidad se alcanza dicho nivel, que tendría agua subterránea de manera permanente, con pequeños incrementos en su profundidad en respuesta a periodos largos de precipitaciones escasas.

El evento climático 4.2 ka cal BP

A lo largo de la historia del planeta Tierra, han sido muchos los eventos climáticos que han dejado su huella en el registro geológico. Cambios intensos, prolongados en el tiempo, otras veces relativamente rápidos a escala de tiempo geológico, pero que siempre marcaron la evolución de los seres vivos (Pérez-Díaz *et al.*, 2017). A diferencia del último período glaciario del Pleistoceno, la variabilidad climática del Holoceno es mucho menos pronunciada y evidente. No obstante, a lo largo de este periodo se han documentado cambios climáticos abruptos, repentinos, a escalas centenarias o milenarias (Mayewski *et al.*, 2004). En particular, entre el Holoceno medio y el final, es decir durante los últimos 5 milenios, el registro paleoambiental demuestra, sin ambigüedad, cómo nuestro planeta ha conocido una serie de fluctuaciones climáticas de corta duración pero intensas (Berglund, 2001 y 2003; Bond *et al.*, 1997; Courtney, 1998; Chambers *et al.*, 1999; De Menocal, 2001; Clare y Weninger, 2010; Magny, 2004; Magny *et al.*, 2009; Menotti, 1999; O'Brien *et al.*, 1995; Peiser, 1998; Van Geel y Renssen, 1998). En general, estos eventos climáticos abruptos del Holoceno medio y final han sido puestos en relación con cambios ambientales susceptibles de haber influido en importantes alteraciones de grupos sociales y en la desaparición de civilizaciones, con consecuencias a nivel global y planetario.

En los últimos años, la atención se ha puesto en el denominado evento 4.2 ka cal BP (~2200-2000 cal BC), un episodio climático frío y árido que ha sido reconocido en numerosos contextos sedimentarios del hemisferio norte (Magny *et al.*, 2009; Bini *et al.*, 2019). Este evento se ha definido como una fase de estrés ambiental caracterizada por una severa y prolongada sequía global (Kaniewski *et al.*, 2018). Se ha documentado desde el Atlántico Norte a través de América, Europa, África y Asia; llevando a algunos

arqueólogos a evocar una mega-sequía en un corto intervalo temporal de unos 300 años (Weiss, 2017; Yan y Liu, 2019). En la actualidad es usado de manera formal para marcar el límite temporal entre el Holoceno medio y final.

A pesar de que las evidencias de este corto cambio climático abrupto, en un sentido diacrónico, no son siempre notorias en el registro paleoambiental y arqueológico, cada vez se conocen más investigaciones que correlacionan este evento climático del 4.2 ka cal BP con el potencial colapso de diversas civilizaciones en todo el planeta, lo que demuestra su carácter global antes señalado. Este es el caso de colapsos contemporáneos detectados en China (Wu y Liu, 2004; Gao *et al.*, 2007), América del Norte (Booth *et al.*, 2005; Menounos *et al.*, 2008), Italia (Drysdale *et al.*, 2005), Islas Británicas (Roland *et al.*, 2014), Mesopotamia (Cullen *et al.*, 2000; Cullen y de Menocal 2000; Kerr, 1998; Gibbons, 1993), valle del Indo (Staubwasser *et al.*, 2003), Egipto (Stanley *et al.*, 2003), Oriente Próximo (Riehl, 2008), África del Norte y Asia Occidental (Gasse y Van Campo, 1994; Davis *et al.*, 2006), Mediterráneo oriental, central y occidental (Bar-Matthews *et al.*, 1997; Bini *et al.*, 2019; Di Rita and Magri, 2019), mar Rojo (Arz *et al.*, 2006), Kilimanjaro (Thompson *et al.*, 2002), o en Arabia (Parker *et al.*, 2006).

La península Ibérica, en buena lógica, por su posición estratégica en el Mediterráneo occidental, también se vio afectada por el evento climático abrupto y árido en torno al 4200 cal BP, afectando sobremanera tanto a la evolución de la vegetación ibérica como a la dinámica demográfica en la transición entre el Calcolítico y la Edad del Bronce (Lillios *et al.*, 2016; Blanco-González *et al.*, 2018; Pérez-Díaz *et al.*, 2019). Estos trabajos citados demuestran cómo el noroeste tuvo tendencias demográficas estables, mientras que los territorios del suroeste exhiben un descenso demográfico abrupto relacionado con el evento 4.2 ka cal BP, contemporáneo a un aumento poblacional en las regiones vecinas del sureste. Estas evidencias podrían sugerir un proceso migratorio desde el suroeste al sureste de la península Ibérica al iniciarse la Edad del Bronce, relacionado directamente con las condiciones áridas del evento abrupto.

En general, desde un punto de vista paleoambiental, el evento 4.2 ka cal BP se caracteriza en la península ibérica por (Pérez-Díaz *et al.*, 2019) la deforestación de los bosques caducifolios de robles, por la progresión de pastizales xerófilos y brezales más adaptados a la sequedad, por el decaimiento progresivo de los pastos húmedos y la vegetación riparia, así como por la de los bosques mesófilos, por el incremento sustancial de formaciones herbáceas adaptadas a una

mayor xericidad ambiental y concentración de sales en superficie, por la expansión en zonas elevadas de los pinares gracias a su mayor adaptación a las nuevas condiciones de continentalidad y por un mayor desarrollo de formaciones forestales perennifolias mediterráneas y maquías de encinas y coscojas.

El registro paleoambiental de la Meseta Norte es muy evidente al respecto, mostrando un paisaje dominado por pinares ~3300-2200 cal BC, es decir justo antes del evento durante el Calcolítico, tanto en el Sistema Ibérico (donde además proliferaría el haya) como en el Sistema Central (López-Merino *et al.*, 2008; López-Sáez *et al.*, 2014a), coincidiendo con las primeras evidencias de impacto humano en estas montañas; mientras que en las zonas de valle, mayormente ocupadas por comunidades calcolíticas, se produciría la progresiva disminución del encinar en un paisaje marcadamente agropastoril. Curiosamente, a partir de la Edad de Bronce ~2100 cal BC, tras el evento, el clima se hizo más húmedo, y la población de las montañas tendió a una economía ganadera, lo que supuso su migración a zonas más elevadas abandonando los valles (Fabián *et al.*, 2006). Un registro singular, en este territorio, procede del complejo lagunar de Villafáfila (Zamora), donde el comienzo de la explotación de la sal puede vincularse a las condiciones hiperáridas del evento 4.2 ka cal BP en una fase de intensa actividad agrícola y escasa cobertura arbórea durante el Calcolítico (Delibes *et al.*, 2015; López-Sáez *et al.*, 2017b).

Recientemente, López-Sáez *et al.* (2018) han ofrecido pruebas muy significativas del evento 4.2 ka cal BP en la evolución paleoambiental del Parque Nacional de Doñana, demostrando cómo durante el Calcolítico (~3000-2200 cal BC) los pobladores de las marismas tuvieron una intensa actividad agrícola y ganadera; mientras que tras el evento, a partir del Bronce antiguo (~2200-1500 cal BC), tales actividades cesaron por completo, la antropización de estos ambientes húmedos se reduce drásticamente, sugiriendo, en su conjunto, el despoblamiento de las marismas de Doñana como consecuencia del cambio climático abrupto y el acontecimiento en paralelo de un tsunami.

En la Meseta Sur, al hilo de lo discutido en este trabajo, el surgimiento de las motillas manchegas ha sido relacionado con las condiciones áridas del evento 4.2 ka cal BP, como respuesta a una necesidad imperiosa ante la falta del recurso hídrico (López-Sáez *et al.*, 2017a). En este sentido, el análisis palinológico de la motilla del Azuer ha resultado de gran importancia, al documentar cuatro fases paleoambientales muy claras (López-Sáez *et al.*, 2014b): una primera 2200/2150-2000 cal BC, en la cual existiría un paisaje de dehesa bajo condiciones cálidas y subhúmedas,

que habría permitido una ingente actividad agrícola y pastoral; una segunda 2000-1800 cal BC, en la cual el clima se hace progresivamente más térmico pero fundamentalmente más árido, alcanzando incluso condiciones de hiper aridez, las cuales provocarían un descenso abrupto de las actividades económicas (agricultura, ganadería), del impacto humano y de los pastizales húmedos; una tercera 1800-1600 cal BC, de características similares a la primera fase; y, finalmente, una cuarta 1600-1400/1350 cal BC, en la que se alcanzan condiciones de gran pluviosidad y máxima humedad ambiental, que provocarían el final del uso de las motillas. En definitiva, la Cultura de las Motillas del Bronce de La Mancha ocupa uno de esos territorios en que los asentamientos humanos debieron adaptar su supervivencia a una situación de escasez hídrica continuada. Los trabajos realizados en el estudio palinológico de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real) reflejan, como en el caso de la motilla del Azuer, ese proceso de aridificación descrito relacionado con el evento abrupto (Benítez de Lugo *et al.*, 2015).

En definitiva, la variabilidad paisajística relacionada con el evento 4.2 ka cal BP está fundamentalmente mediatizada por la región biogeográfica considerada (Carrión *et al.*, 2010), mientras que la región Mediterránea se muestra enormemente heterogénea, tanto en la evolución de sus bosques y especies vegetales como en la demostración de una clara respuesta social vislumbrada a través del registro arqueológico; en la región Eurosiberiana (territorios del noroeste, norte y Pirineos), la homogeneidad es una constante, los bosques apenas aparecen alterados como consecuencia del evento climático y tampoco se documenta ningún tipo de respuesta social especialmente reseñable frente al abrupto cambio ambiental. En efecto, el registro paleoambiental ibérico demuestra que los efectos del evento 4.2 ka cal BP al norte del paralelo 43°N (región Eurosiberiana) son de poca entidad, no alterándose ni la dinámica climática previa al evento ni la evolución vegetal y los modos de vida y poblamiento (Lillios *et al.*, 2016; Blanco-González *et al.*, 2018). En cambio, al sur del paralelo 43°N, que puede ser considerado como "zona umbral", el evento 4.2 ka cal BP tuvo unas repercusiones paleoecológicas y sociales muy importantes en la región Mediterránea, provocando cambios en los modelos de poblamiento, discontinuidad cultural e incluso migraciones.

Conclusiones

La Cultura de las Motillas del Bronce de La Mancha puede ser considerada la primera cultura hidráulica de Europa. Tras ella, muchos siglos después, llega-

rían acueductos, qanats y otras soluciones hidráulicas para captar y dirigir el agua. En el caso que nos ocupa resulta indisoluble la relación entre la aparición y desaparición de las motillas y el acontecimiento y desarrollo de un evento climático abrupto a escala mundial, reconocido en la bibliografía como evento 4.2 ka cal BP (Bond Event 3), datado *grosso modo* entre el 2350 y el 1850 cal BC; caracterizado, fundamentalmente, por condiciones climáticas de aridez extrema, especialmente en el Mediterráneo.

La existencia en la Llanura Manchega de formaciones acuíferas próximas a la superficie topográfica y, por tanto, la presencia del nivel freático próximo a la superficie; así como una intensa relación hidrológica de las aguas subterráneas con los cauces de aguas superficiales da lugar a la transferencia de agua en un sentido o en otro, dependiendo de la zona y la secuencia climática. De manera que, en todas las motillas, las formaciones acuíferas, y su respectivo nivel freático, se encontrarían relativamente cerca de la superficie, desde unos 5 m hasta una profundidad máxima de unos 30 m.

El comienzo del evento climático 4.2 ka cal BP y la llegada de descendientes de pobladores del oriente de Europa coincide, cronológicamente hablando, con el momento justamente previo a la construcción de las motillas de La Mancha; por lo que resulta lógico y admisible suponer una relación causal entre estos hechos; esto es, la búsqueda de soluciones (construcción de un pozo) en un momento de fuerte cambio social y estrés ambiental causado por una aridez extrema. El cambio en la población ha sido constatado a través de los genomas de 271 habitantes prehistóricos de la península ibérica; también de La Mancha y correspondientes al momento estudiado. La aridificación causada por el evento mencionado ha sido documentada en los registros estratigráficos y paleoecológicos de todo el mundo y, en concreto, de la Meseta castellana, por lo que tiene un carácter global que, en numerosos casos de estudio ha sido posible relacionarlo con colapsos culturales de importantes civilizaciones a lo largo y ancho de todo el planeta.

De igual manera, la finalización del evento climático abrupto citado, tras el cual se recuperan las condiciones de humedad, ambiental y edáfica, previas, coincide asimismo con el abandono de estas estructuras, es decir con el colapso de las motillas manchegas. El aumento de las precipitaciones y la progresiva elevación del nivel freático en la región, a partir de 1800 cal BC, pudieron permitir la recuperación de los ríos y de las zonas húmedas, que prácticamente habían desaparecido entre 2000-1800 cal BC, hasta el punto de que algunas motillas pudieron llegar a inundarse.

A partir de ese momento, abandonadas las motillas, las gentes del Bronce de La Mancha tuvieron que redefinir sus relaciones con el medio ambiente, dando lugar, a finales de la Edad del Bronce, a una nueva organización social y económica y a nuevos modelos de poblamiento alejados de estos ambientes húmedos donde antes estuvieron las motillas.

La Cultura de las Motillas puede entenderse, en definitiva, como la respuesta económica y simbólica ante una contingencia social y climática que derivó en una crisis ambiental y de población muy importante. Las motillas, dotadas de una fuerte carga simbólica, son hitos en la llanura manchega que surgen en respuesta a un periodo de extrema aridez. Con la finalización de este periodo frío y seco se fomentó su abandono hacia otro tipo de enclaves, protagonistas de un paisaje nuevo debido al incremento de los caudales de los ríos y un ascenso del nivel freático.

Agradecimientos

Buena parte de la información y los resultados recogidos en el presente artículo se han obtenido en el marco de dos proyectos de investigación competitivos: "REDISCO-HAR2017-88035-P", del Plan Nacional de I+D+i del Ministerio de Economía y Competitividad e "Investigación paleoclimática, hidrogeológica, geofísica y arqueoastronómica del más antiguo sistema de captación de agua subterránea de la península ibérica: la prehistórica Cultura de las Motillas de La Mancha", acogido a la Orden de 01/04/2014 de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, por la que se establecen las bases y se convocan subvenciones para la realización de proyectos de investigación del patrimonio arqueológico y paleontológico de Castilla-La Mancha. El coste económico del segundo proyecto se ha financiado al 50% entre la mencionada Consejería y el Instituto Geológico y Minero de España.

Referencias

- Almagro, A. 1973. El Bronce Final y el inicio de la Edad del Hierro en la Meseta Sur. *Extracto de Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- Aranda, G., Fernández, S., Haro, M., Molina, F., Nájera, T. and Sánchez-Romero, M. 2008. Water control and cereal management on the Bronze Age Iberian Peninsula: la motilla del Azuer. *Oxford Journal of Archaeology*, 27 (3), 241-259.
- Arz, H.W., Lamy, F. and Patzold, J. 2006. A pronounced dry event recorded around 4.2 ka in brine sediments from the northern Red Sea. *Quaternary Research*, 66 (3), 432-441.

- Bar-Matthews, M., Ayalon, A. and Kaufman, A. 1997. Late Quaternary Paleoclimate in the Eastern Mediterranean Region from Stable Isotope Analysis of Speleothems at Soreq Cave, Israel. *Quaternary Research*, 47 (2), 155-168.
- Benítez de Lugo, L. 2010. *Las motillas y el Bronce de La Mancha*. Anthropos, Valdepeñas (Ciudad Real), 150 pp.
- Benítez de Lugo, L. 2011a. Las motillas del Bronce de La Mancha: treinta años de investigación arqueológica. En: Bueno, P., Gilman, A., Martín, C. y Sánchez-Palencia, J. (eds.), *Arqueología, sociedad, territorio y paisaje. Estudios sobre Prehistoria Reciente, Protohistoria y transición al mundo romano en homenaje a M^a Dolores Fernández Posse*. Bibliotheca Praehistorica Hispana XXVIII, CSIC, Madrid, 141-162.
- Benítez de Lugo, L. 2011b. Orígenes, desarrollo y ocaso de la cultura del Bronce de La Mancha. Nuevas aportaciones a los procesos de transformación y cambio en el Alto Guadiana durante la Prehistoria Reciente. *Quaderns de Prehistòria i Arqueologia de Castelló*, 29, 47-75.
- Benítez de Lugo, L. 2018. Rituales funerarios neolíticos, calcolíticos y de la Edad del Bronce en la provincia de Ciudad Real: Cerro Ortega (Villanueva de la Fuente) y Castillejo del Bonete (Terrinches). *Anejos Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid*, 3, 153-168.
- Benítez de Lugo, L. y Mejías, M. 2014. Los primeros poblados prehistóricos en el entorno de Daimiel. Las motillas de La Mancha. En: Mejías, M. (ed.), *Las Tablas y los Ojos del Guadiana: agua, paisaje y gente*. IGME-OAPN, Madrid, 65-104.
- Benítez de Lugo, L. y Mejías, M. 2015. La prehistórica Cultura de las Motillas: nuevas propuestas para un viejo problema. *Veleía*, 32, 111-124.
- Benítez de Lugo, L. y Mejías, M. 2016a. Hidrogeología y captación de aguas subterráneas en La Mancha durante la Prehistoria reciente: la gestión de los recursos hídricos en la Cultura de las Motillas. *Archivo de Prehistoria Levantina*, 31, 137-168.
- Benítez de Lugo, L. y Mejías, M. 2016b. Aspectos hidrogeológicos, paleoambientales, astronómicos y simbólicos del Bronce de La Mancha. *Arqueología y Prehistoria del Interior Peninsular*, 04 extra, 345-356.
- Benítez de Lugo, L. and Mejías, M. 2017. The hydrogeological and paleoclimatic factors in Bronze Age Motillas Culture of La Mancha (Spain): the first hydraulic culture in Europe. *Hydrogeology Journal*, 25 (7), 1931-1950.
- Benítez de Lugo, L., Mejías, M., López Gutiérrez, J., Álvarez García, H.J., Palomares Zumajo, N., Mata Trujillo, E., Moraleda Sierra, J., Menchén Herreros, G., Fernández Martín, S., Salazar-García, D.C., Odriozola Lloret, C., Benito Sánchez, M. y López-Sáez, J.A. 2014. Aportaciones hidrogeológicas al estudio arqueológico de los orígenes del Bronce de La Mancha: la cueva monumentalizada de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real-España). *Trabajos de Prehistoria*, 71 (1), 76-94.
- Benítez de Lugo, L., Palomares, N., Álvarez, H.J., Barroso Bermejo, R., Benito, M., Blain, H.A., Bueno Ramírez, P., de Balbín Behrmann, R., Fernández Martín, S., López-Sáez, J.A., Galindo Pellicena, M.A., Garrido Martínez, M.A., Laplana Conesa, C., Mata Trujillo, E., Menchén Herreros, G., Montero Ruiz, I., Moraleda Sierra, J., Morgado Rodríguez, A., Odriozola Lloret, C., Polo Martín, E., Ruiz Alonso, M., Sevilla García, P., Schuhmacher, T.X. y Salazar García, D.C. 2015. Paleoecología y cultura material en el complejo tumular prehistórico de Castillejo del Bonete (Terrinches, Ciudad Real). *Menga. Revista de Prehistoria de Andalucía*, 6, 113-140.
- Benítez de Lugo, L. y Esteban, C. 2018. Arquitecturas simbólicas orientadas astronómicamente durante el Neolítico final, Calcolítico y la Edad del Bronce en el sur de la Meseta. *Spal*, 27.1, 61-87.
- Benítez de Lugo Enrich, L., Mejías Moreno, M. (en prensa). *Climatic crisis, socio-cultural dynamics and landscape monumentalization during the Bronze Age of La Mancha: the Motillas Culture as adaptation to the changes of the end of the 3rd mill. BC*. Landscapes as resources assemblages in the Bronze Age of Southern Spain). Universität Tübingen. Tübingen.
- Berglund, B.E. 2001. Cultural landscapes in NW Europe. Is there a link to climate changes? *Terra Nostra*, 2001/3, 68-75.
- Berglund, B.E. 2003. Human impact and climate changes - synchronous events and a causal link? *Quaternary International*, 105, 7-12.
- Bini, M., Zanchetta, G., Perşoiu, A., Cartier, R., Català, A., Cacho, I., Dean, J.R., Di Ria, F., Drysdale, R.N., Finnè, M., Isola, I., Jalali, B., Lirer, F., Magri, D., Masi, A., Marks, L., Mercuri, A.M., Peyron, O., Sadori, L., Sicre, M.A., Welc, F., Zielhofer, C. and Brisset, E. 2019. The 4.2 ka BP event in the Mediterranean region: an overview. *Climate of the Past*, 15, 555-577.
- Blanco-González, A., Lillios, K.T., López-Sáez, J.A. and Drake, B.L. 2018. Cultural, demographic and environmental dynamics of the Copper and Early Bronze Age in Iberia (3300-1500 BC): towards an interregional multiproxy comparison at the time of the 4.2 ky BP event. *Journal of World Prehistory*, 31, 1-79.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., Demenecol, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I., and Bonani, G. 1997. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, 278, 1257-1266.
- Booth, R.K., Jackson, S., Forman, S.L., Kutzbach, J.E., Bettis, E.A., Kreigs, J. and Wright, D.K. 2005. A severe centennial-scale drought in midcontinental North America 4200 years ago and apparent global linkages. *The Holocene*, 15 (3), 321-328.

- Bórnez, K., Mejías, M., Camuñas, C., del Pozo, J. y del Moral A. 2017. Inventario, clasificación y génesis de los colapsos del terreno en la Masa de Agua Subterránea Mancha Occidental I. *Boletín Geológico y Minero*, 128 (1), 43-68.
- Carrión, J.S., Fernández, S., González-Sampériz, P., Gil, G., Badal, E., Carrión-Marco, Y., López-Merino, L., López-Sáez, J.A., Fierro, E. and Burjachs, F. 2010. Expected trends and surprises in the Lateglacial and Holocene vegetation history of the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162, 458-475.
- Chambers, F.M., Ogle, M.I. and Blackford, J.J. 1999. Paleoenvironmental evidence for solar forcing of Holocene climate: linkages to solar science. *Progress in Physical Geography*, 23, 181-204.
- Clare, L. and Weninger, B. 2010. Social and biophysical vulnerability of prehistoric societies to Rapid Climate Change. *Documenta Praehistorica*, 37, 283-292.
- Courty, M.A. 1998. The soil record of an exceptional event at 4000 B.P. in the Middle East. *British Archaeological Reports, International Series*, 728, 93-108.
- Cullen, H.M., de Menocal, P.B., Hemming, S., Hemming, G., Brown, F.H., Guilderson, T. and Sirocko, F. 2000. Climate change and the collapse of the Akkadian Empire: evidence from the deep sea. *Geology*, 28, 379-382.
- Cullen, H. M. and de Menocal, P.B. 2000. North Atlantic influence on Tigris-Euphrates streamflow. *International Journal of Climatology*, 20 (8), 853-863.
- Davis, M., Thompson, A. and Lonnie, G. 2006. An Andean ice-core record of a Middle Holocene mega-drought in North Africa and Asia. *Annals of Glaciology*, 43, 34-41.
- Delibes, G., Abarquero, F.J., Crespo, M., García, M., Guerra, E., López-Sáez, J.A., Pérez-Díaz, S. and Rodríguez, J.A. 2015. The archaeological and palynological record of the Northern Plateau of Spain during the second half of the 3rd millennium BC. En: Meller, H., Wolfgang, A., Jung, R. and Risch, R. (eds.), *2200 BC - Ein Klimasturz als Ursache für den Zerfall der Alten Welt?* Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Halle (Saale), 429-448.
- De Menocal, P.B. 2001. Cultural Responses to Climate Change During the Late Holocene. *Science*, 292, 667-673.
- Del Pozo, J., Mejías, M. y Domínguez, J.A. 2019. Propuesta de compartimentación estructural en la MASb 041.001 Sierra de Altomira: implicaciones hidrogeológicas. *Boletín Geológico y Minero*, 130 (2), 317-340.
- Di Rita, F. and Magri, D. 2019. The 4.2 ka event in the vegetation record of the central Mediterranean. *Climate of the Past*, 15, 237-251.
- Drysdale, R., Zanchetta, G., Hellstrom, J., Maas, R., Fallick, A., Pickett, M., Cartwright, I. and Piccini, L. 2005. Late Holocene drought responsible for the collapse of Old World civilizations is recorded in an Italian cave flowstone. *Geology*, 34 (2), 101-104.
- Fabián, J., Blanco, A. y López-Sáez, J.A. 2006. La transición Calcolítico-Bronce Antiguo desde una perspectiva arqueológica y ambiental: el Valle Amblés (Ávila) como referencia. *Arqueología Espacial*, 26, 37-56.
- Fernández-Miranda, M., Fernández-Posse, M.D. y Martín, C. 1993. La Edad del Bronce en la zona oriental de La Mancha: El Acequión. El Acequión (Albacete) y El Tolmo de Minateda (Hellín): Síntesis de las investigaciones. Diputación de Albacete, 7-27.
- Fernández-Posse, M.D., Gilman, A. y Martín Morales, C. 1996. Consideraciones cronológicas sobre la Edad del Bronce en La Mancha. Homenaje al Profesor Manuel Fernández Miranda. *Complutum Extra*, 6 (I), 111-138.
- Fernández-Posse, M.D., Gilman, A., Martín, C. y Brodsky, M. 2008. *Las comunidades agrarias de la Edad del Bronce en La Mancha Oriental (Albacete)*. Bibliotheca Praehistorica Hispana XXV, CSIC-Instituto de Estudios Albacetenses, Madrid.
- Galán Saulnier, C. y Sánchez Meseguer, J.L. 1994. Santa María de El Retamar. 1984-1994. En: Sánchez Meseguer, J.L., Galán Saulnier, C., Caballero Klink, A., Fernández-Ochoa, C. y Musat Hervás M.T. (coords.), *Arqueología en Ciudad Real*. Jornadas de Arqueología de Ciudad Real en la Universidad Autónoma de Madrid, Patrimonio Histórico de Castilla-La Mancha, Junta de Comunidades de Castilla La Mancha, Toledo, 87-110.
- Gao, H., Zhu, C. and Xu, W. 2007. Environmental change and cultural response around 4200 cal. yr BP in the Yishu River Basin, Shandong. *Journal of Geographical Sciences*, 17 (3), 285-292.
- García Pérez, T. 1988. La motilla de los Romeros (Alcázar de San Juan, Ciudad Real). *I Congreso de Historia de Castilla-La Mancha III*, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, 13-19.
- García-Sanjuán, L. y Mora-Molina, C. (eds.). 2018. *La intervención de 2005 en el Dolmen de Menga. Temporalidad, biografía y cultura material en un Monumento del Patrimonio Mundial*. Junta de Andalucía y Universidad de Sevilla, Sevilla, 412 pp.
- Gasse, F. and Van Campo, E. 1994. Abrupt post-glacial climate events in West Asia and North Africa monsoon domains. *Earth and Planetary Science Letters*, 126 (4), 435-456.
- Gibbons A. 1993. How the Akkadian Empire was hung out to dry? *Science*, 261, 985-998.
- Gilman, A., Fernández-Posse, M.D. y Martín, C. 2000. Avance de un estudio del territorio del Bronce manchego. *Zephyrus*, 53-54, 311-322.
- Hervás y Buendía, I. 1899. *La Motilla de Torralba*. Ed. Mondoñedo, 15 pp.
- Ibarra, P. 2015. Prospección geofísica aplicada al estudio de las motillas de la Edad del Bronce de La Mancha. En: Mejías, M., Benítez de Lugo, L., López Sáez, J.A. y Esteban, C. (eds.). *Arqueología, hidrogeología y medio ambiente en la Edad del Bronce de La Mancha*.

- La Cultura de las Motillas*. Ministerio de Economía y Competitividad-Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 45-50.
- Kaniewski, D., Marriner, N., Cheddadi, R., Guiot, J. and Van Campo, E. 2018. The 4.2 ka BP event in the Levant. *Climate of the Past*, 14, 1529-1542.
- Kerr, R.A. 1998. Sea-Floor Dust Shows Drought Felled Akkadian Empire. *Science*, 279 (5349), 325-326.
- Lenguazco, R. 2015. Ocupación del territorio y aprovechamiento de recursos en el Bronce de La Mancha: las motillas y su territorio de explotación directa. *Tesis doctoral*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Lenguazco, R. 2018. Poblamiento durante la Edad del Bronce en Los Ojos del Guadiana: el yacimiento arqueológico de la motilla de Mari López y su entorno. *Anejos a Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad Autónoma de Madrid*, 3, 185-192.
- Lillios, K.T., Blanco-González, A., Lee Drake, B. and López-Sáez, J.A. 2016. Mid-Late Holocene climate, demography, and cultural dynamics in Iberia: a multi-proxy approach. *Quaternary Science Reviews*, 135, 138-153.
- López-Gutiérrez, J., Plata, J.L. y Mejías, M. 2013. Caracterización de la divisoria hidrogeológica Guadiana-Júcar en la Llanura Manchega mediante técnicas geológicas geofísicas. *Boletín Geológico y Minero*, 124 (3), 381-404.
- López-Merino, L., López-Sáez, J.A., Ruiz-Zapata, M.B. and Gil, M.J. 2008. Reconstructing the history of beech (*Fagus sylvatica* L.) in north-western Iberian Range (Spain): From Late-Glacial refugia to Holocene anthropic induced forests. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 152, 58-65.
- López-Sáez, J.A., Abel, D., Pérez-Díaz, S., Blanco, A., Alba, F., Dorado, M., Ruiz-Zapata, M.B., Gil, M.J., Gómez, C. and Franco, F. 2014a. Vegetation history, climate and human impact in the Spanish Central System over the last 9,000 years. *Quaternary International*, 353, 98-122.
- López-Sáez, J.A., Alba, F., Nájera, T., Molina, F., Pérez-Díaz, S. y Sabariego, S. 2014b. Paleoambiente y sociedad en la Edad del Bronce de La Mancha: la Motilla del Azuer. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Granada*, 24, 391-422.
- López-Sáez, J.A., Blanco, A., Pérez-Díaz, S., Alba, F., Luelmo, R., Glais, A. and Núñez, S. 2017a. Landscapes, human activities and climate dynamics in the South Meseta of the Iberian Peninsula during the 3rd and 2nd millennia calBC. In: Bartelheim, M., Bueno, P. and Kunst M. (eds.). *Key resources and socio-cultural developments in the Iberian Chalcolithic*. Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen, 129-142.
- López-Sáez, J.A., Abel, D., Iriarte, E., Alba, F., Pérez-Díaz, S., Guerra, E., Delibes, G. y Abarquero, F.J. 2017b. Una perspectiva paleoambiental de la explotación de la sal en las Lagunas de Villafáfila (Tierra de Campos, Zamora). *Cuaternario y Geomorfología*, 31, 73-104.
- López-Sáez, J.A., Pérez-Díaz, S., Rodríguez, A., Blanco, A., Villarías, J.J.R., Luelmo, R., Jiménez, G., Celestino, S., Cerrillo, E., Pérez, J.N. and León, A. 2018. Mid-late Holocene environmental and cultural dynamics at the south-west tip of Europe (Doñana National Park, SW Iberia, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 22, 58-78.
- Magny, M. 2004. Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quaternary International*, 113, 65-79.
- Magny, M., Vannièrè, B., Zanchetta, G., Fouache, E., Touchais, G., Petrika, L., Coussot, C., Walter-Simonnet, A.V. and Arnaud, F. 2009. Possible complexity of the climatic event around 4300-3800 cal. BP in the central and western Mediterranean. *The Holocene*, 19, 823-833.
- Martín-Morales, C., Fernández-Miranda, M., Fernández-Posse, M.D. and Gilman, A. 1993. The Bronze Age of La Mancha. *Antiquity*, 67, 23-45.
- Martínez-Navarrete, M.I. 1988. Morras, motillas y castillejos: ¿Unidad o pluralidad cultural durante la Edad del Bronce de La Mancha? En: *Homenaje a Samuel de los Santos*. Instituto de Estudios Albacetenses, Albacete, 81-92.
- Martínez-Navarrete, M.I. 1989a. La Edad del Bronce en la Meseta Suroriental: una revisión crítica. *Tesis Doctorales de la Universidad Complutense de Madrid*. Colección Tesis Doctorales n° 191/88.
- Martínez-Navarrete, M.I. 1989b. *Una revisión crítica de la Prehistoria española: la Edad del Bronce como paradigma*. Siglo XXI de España Editores, Madrid, 511 pp.
- Mayewski, P.A., Rohling, E.E., Curt Stager, J., Karlén, W., Maasch, K.A., David Meeker, L., Meyerson, E.A., Gasse, F., Van Kreveld, S., Holmgren, K., Lee-Thorp, J., Rosqvist, G., Rack, F., Staubwasser, M., Schneider, R.R. and Steig, E.J. 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research*, 62, 243-255.
- Mejías, M. 2014. El agua protagonista a través de los siglos. En: Mejías, M. (ed.), *Las Tablas y los Ojos del Guadiana: agua, paisaje y gente*. IGME-OAPN, Madrid, 15-64.
- Mejías, M., López-Gutiérrez, J. y Martínez-Cortina, L. 2012. Características hidrogeológicas y evolución piezométrica de la Mancha Occidental. Influencia del periodo húmedo 2009-2011. *Boletín Geológico y Minero*, 123 (2), 91-108.
- Mejías, M., Benítez de Lugo, L., del Pozo, J. y Moraleda, J. 2014. Los primeros aprovechamientos de aguas subterráneas en la península ibérica. Las motillas de Daimiel en la Edad del Bronce de La Mancha. *Boletín Geológico y Minero*, 125 (4), 455-474.

- Mejías, M., Benítez de Lugo, L., López-Sáez, J.A. y Esteban, C. (eds.). 2015. *Arqueología, hidrogeología y medio ambiente en la Edad del Bronce de La Mancha. La Cultura de las Motillas*. Ministerio de Economía y Competitividad-Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 120 pp.
- Mejías, M. y del Pozo, J. 2019. Evolución hidrogeológica de las principales masas de agua subterránea de la cuenca alta del Guadiana, 1980-2018. *Boletín Geológico y Minero*. En Prensa.
- Menotti, F. 1999. The abandonment of the ZH-Mozartstrasse Early Bronze Age lake settlement. GIS computer simulations of the lake level fluctuation hypothesis. *Oxford Journal of Archaeology*, 18 (2), 143-155.
- Menounos, B., Clague, J.J., Osborn, G., Luckman, B.H., Lakerman, T.R. and Minkus, R. 2008. Western Canadian glaciers advance in concert with climate change c. 4.2 ka. *Geophysical Research Letters*, 35 (7), L07501.
- Molina, F., Carrión, F., Blanco, I., Contreras, F. y López, J. 1983. La Motilla de las Cañas (Daimiel, Ciudad Real). Campaña de 1983. *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*, 8, 301-324.
- Molina, F. und Nájera, T. 1978. Die Motillas von Azuer und Los Palacios (prov. Ciudad Real). Ein Beitrag zur Bronzezeit der Mancha. *Madridrer Mitteilungen*, 19, 52-74.
- Nájera, T. 1984. *La Edad del Bronce en La Mancha Occidental*. Tesis doctoral de la Universidad de Granada, vol. 458, Universidad de Granada, Granada.
- Nájera, T. y Molina, F. 1977. La Edad del Bronce en La Mancha. Excavaciones en las motillas del Azuer y de Los Palacios (Campaña de 1974). *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*, 2, 251-300.
- Nájera, T. y Molina, F. 2004a. La Edad del Bronce en La Mancha: problemática y perspectivas de la investigación. En: Hernández, L. y Hernández, M. (eds.), *La Edad del Bronce en tierras levantinas y limítrofes*. Instituto de Cultura Juan Gil-Albert, Villena, 531-540.
- Nájera, T. y Molina, F. 2004b. Las Motillas: un modelo de asentamiento con fortificación central en la Llanura de La Mancha. En: García, M.R. y Morales, J. (eds.), *La península ibérica en el II milenio a.C.: Poblados y fortificaciones*. Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, 173-214.
- Nájera, T. y Molina, F. 2004c. Excavaciones en la motilla del Azuer (Daimiel, Ciudad Real). 2000-2001. *Investigaciones Arqueológicas en Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, 35-48.
- Nájera, T., Molina, F., Martín, M., Blanco, I. y Haro, M. 2004. La motilla del Azuer: un yacimiento de la Edad del Bronce en La Mancha. *Restauración & Rehabilitación*, 90, 68-73.
- Nájera, T., Molina, F., Jiménez, S., Sánchez, M., Al Oumaoui, I., Aranda, G., Delgado, A. y Laffranchi, Z. 2010. La población infantil de la motilla del Azuer: un estudio bioarqueológico. *Complutum*, 21, 69-102.
- O'Brien, S.R., Mayewski, P.A., Meeker, L.D., Meese, D.A., Twickler, M.S. and Whitlow, S.I. 1995. Complexity of Holocene climate as reconstructed from Greenland Ice core. *Science*, 270, 1962-1964.
- Olalde, I., Mallick, S., Patterson, N., Rohland, N., Villalba-Mouco, V. Dulias, K. 2019. The genomic history of the Iberian Peninsula over the past 8000 years. *Science*, 363, 1230-1234.
- Parker, A.G., Goudie, A.S., Stokes, S., White, K., Hodson, M.J., Manning, M. and Kennet, D. 2006. A record of Holocene climate change from lake geochemical analyses in southeastern Arabia. *Quaternary Research*, 66 (3), 465-476.
- Peiser, B.J. 1998. Comparative analysis of Late Holocene environmental and social upheaval: evidence for a Global Disaster around 4000 BP. *British Archaeological Reports, International Series*, 278, 117-139.
- Pérez-Díaz, S., Ruiz-Fernández, J., López-Sáez, J.A. y García-Hernández, C. 2017. *Cambio climático y cultural en la península ibérica: una perspectiva geohistórica y paleoambiental*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo, Oviedo, 183 pp.
- Pérez-Díaz, S., Luelmo-Lautenschlaeger, R. y López-Sáez, J.A. 2019. *Historia de la vegetación y cambio climático durante el periodo Campaniforme en la Cuenca Mediterránea y las Islas Británicas*. En: Delibes, G. y Guerra, E. (eds.), *¡Un brindis por el príncipe! El vaso campaniforme en el interior de la península ibérica (2500-2000 a.C.)*. Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, Madrid, 91-107.
- Riehl, S. 2008. Climate and agriculture in the ancient Near East: a synthesis of the archaeobotanical and stable carbon isotope evidence. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17 (1), 43-51.
- Roland, T.P., Caseldine, C.J., Charman, D.J., Turney, C.S.M. and Amesbury, M.J. 2014. Was there a '4.2 ka event' in Great Britain and Ireland? Evidence from the peatland record. *Quaternary Science Reviews*, 83, 11-27.
- Ruiz Taboada, A. 1996. ¿Qué ha pasado con la Edad del Bronce de La Mancha? *Zephyrus*, 49, 211-224.
- Sánchez Meseguer, J.L., Fernández Vega, A., Galán Saulnier, C. y Poyato Holgado, C. 1985. El altar de cuernos de La Encantada y sus paralelos orientales. *Oretum I*, 125-174.
- Stanley, J.D., Krom, M.D., Cliff, R.A. and Woodward, E. 2003. Nile flow failure at the end of the Old Kingdom, Egypt: Strontium isotopic and petrologic evidence. *Geoarchaeology*, 18 (3), 395-402.
- Staubwasser, M., Sirocko, F., Grootes, P.M. and Segl, M. 2003. Climate change at the 4.2 ka BP termination of the Indus valley civilization and Holocene South Asian monsoon variability. *Geophysical Research Letters*, 30 (8), 1425.
- Teixidó, T., Artigot, E.G., Peña, J.A., Molina, F., Najera, T. and Carrion, F. 2013. Geoarchaeological Context of the Motilla de la Vega Site (Spain) Based on Electrical Resistivity Tomography. *Archaeological Prospection*, 20, 11-22.

- Thompson, L.G., Mosley-Thompson, E., Davis, M.E., Henderson, K.A., Brecher, H.H., Zagorodnov, V.S., Mashiotta, T.A., Ping-Nan Lin, Mikhalenko, V.N., Hardy, D.R. and Beer, J. 2002. Kilimanjaro Ice Core Records Evidence of Holocene Climate Change in Tropical Africa. *Science*, 298, 589-593.
- Van Geel, B. and Renssen, H. 1998. Abrupt climatic change around 2650 BP in North-West Europe: evidence for climatic teleconnections and a tentative explanation. In: Issar, A. and Brown, N. (eds.), *Water, environments and society in times of climatic change*. Kluwer Academic Publications. Dordrecht, 21-41.
- Weiss, H. 2017. *Megadrought and Collapse: from early agriculture to Angkor*. Oxford University Press, Oxford, 344 pp.
- Wu, W. and Liu, T. 2004. Possible role of the 'Holocene Event 3' on the collapse of Neolithic Cultures around the Central Plain of China. *Quaternary International*, 117 (1), 153-166.
- Yan, M. and Liu, J. 2019. Physical processes of cooling and mega-drought during the 4.2 ka BP event: results from TraCE-21ka simulations. *Climate of the Past*, 15, 265-277.

Recibido: julio 2019
Revisado: noviembre 2019
Aceptado: enero 2020
Publicado: marzo 202