

# Los primeros aprovechamientos de aguas subterráneas en la Península Ibérica. Las motillas de Daimiel en la Edad del Bronce de La Mancha

M. Mejías Moreno<sup>(1)</sup>, L. Benítez de Lugo Enrich<sup>(2)</sup>, J. del Pozo Tejado<sup>(1)</sup> y J. Moraleda Sierra<sup>(3)</sup>

(1) IGME, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid,  
m.mejias@igme.es; j.delpozo@igme.es

(2) Departamento de Prehistoria y Arqueología. UNED Ciudad Real. Aptdo. de Correos 238. 13300 Valdepeñas (Ciudad Real),  
lbenitez@valdepenas.uned.es

(3) ANTHROPOS, S.L., www.estudio-arqueologia.es,  
anthropos@estudio-arqueologia.es

## RESUMEN

Estudios recientes indican que las motillas -asentamientos de la Edad del Bronce de La Mancha- pudieron constituir el más antiguo sistema de captación de agua subterránea en la Península Ibérica. Se presenta la primera investigación paleohidrogeológica interdisciplinaria en La Mancha. El análisis de los datos verifica una relación entre el sustrato geológico y la distribución espacial de las motillas. Estas fueron construidas durante el Evento Climático 4.2 ka cal BP, en un momento de estrés ambiental debido a un prolongado período seco. La construcción de estos pozos fue una exitosa solución que pervivió casi un milenio y formó parte principal de los procesos de cambio hacia una sociedad más compleja y jerarquizada.

Palabras clave: Alto Guadiana, Bronce de La Mancha, captación de agua, hidrogeología, motilla.

## ***The first uses of groundwater in the Iberian Peninsula. The Daimiel “motillas” in the Bronze Age of La Mancha***

### ABSTRACT

*Recent studies show that the “motilla” sites from the Bronze Age in La Mancha may be the most ancient system of groundwater collection in the Iberian Peninsula. We report here the first paleohydrogeological interdisciplinary research in La Mancha. The analysis of data verifies a relationship between the geological substrate and the spatial distribution of the “motillas”. These were built during the Climatic Event 4.2 ka cal BP, in a time of environmental stress due to a period of severe, prolonged drought. The construction of these wells was a successful solution that continued for about one millennium and formed the main part of the processes of change towards a more complex and hierarchical society.*

*Key words: hydrogeology, La Mancha Bronze Age, “motilla”, Upper Guadiana River, water catchment.*

### ABRIDGED ENGLISH VERSION

#### **Introduction**

*The “motillas” (man-made hills with a settlement on top) are the most important archaeological remains of the La Mancha Bronze Age, and this kind of settlement gives name to the “Motillas Culture”. Archaeological excavations exposed the “motillas” as a fortified settlements, with a circular design, an intricate inner*

structure, sometimes with a central tower, and a water well inside that was initially mistaken for a "patio" (Figs. 1 a and b).

The "motillas" are found and concentrated in certain locations, whilst not existing in other areas where human occupation in the same period is well known. These locations usually are related with the flood plains of the principal rivers, and a lake plain in one case (Fig.2), in the central sector of the upper Guadiana River basin. In this case we focus the investigation on the Groundwater Body (GWB) Mancha Occidental I. The position of the "motillas" shows an intrinsic relationship with the hydrological and hydrogeological conditions.

There is evidence of these kinds of settlements since the beginning of the global climatic event, 4.2 ka cal BP, an extremely dry period, at least in the Iberian Peninsula. The disappearance of "motillas" with the Late Bronze Age, and occupation of other populous cities known as "oppida" during Iron Age, occurred after the end of this period. These settlements are displaced southward from the central sector of the basin, in non-flooded areas.

## Methods

To study the relationship between the position of the "motillas" and the hydrological and hydrogeological conditions, we first investigated the geological and hydrogeological environment in the Tablas de Daimiel National Park and the Guadiana River basin. The geology of the study area is based on the MAGNA maps of the Geological Spanish Survey (IGME).

The research includes the tectonic, geomorphological and stratigraphic aspects of the Guadiana upper basin, and the Daimiel surrounding towns. The hydrologic and hydrogeologic conditions are based on the study of the principal rivers located in the study area and the principal aquifers.

Studies show a direct relation between the rivers and surface water bodies with the aquifers. This is an interdependent relationship, mainly based on the climatological events, slight slopes and the proximity of the phreatic level to the surface. The relationship was modified during the 1970s and 1980s by human influence, therefore we have analyzed how this change affects the environment, relating it to both the current conditions, and remote conditions in the Bronze Age.

The detailed geology which "motillas" settle on is based on the lithological columns of the CHG and IGME drills and the field observations in the study zone.

Finally, we supposed that the "motillas" had a water catchment inside such as those revealed in the archaeological excavation in the "motilla" of Azuer, and the study discusses the significance of these wells, and the stratigraphic aim of the ancient excavation, made with manual methods.

## Results

The study zone is located in the Guadiana upper basin near Daimiel (Ciudad Real, Spain), in the area where the Guadiana River forms the Tablas de Daimiel wetlands, and the Azuer and Gigüela tributary rivers join the main river (Fig. 3). This area corresponds to the domain of the La Mancha Plain (east-west direction), bounded on the west with the Hesperian Massif Domain, on the north with Sierra de Altomira, to the northeast with the Iberian Range and to the south with the Domain of Campo de Montiel (figure 4).

The La Mancha Plain is a clogged basin with carbonate and detrital sediments hundreds of metres thick. The substrate is composed of Paleozoic shales and quartzites. The Triassic series of clays and gypsum (Keuper facies) appear exclusively in the eastern sector of the study area (Fig.5). An erosive unconformity leads to a series of clays and silts of the basal Pliocene, followed by a coarse series of limestone and marl that occasionally can change to clays by lateral change. Limestone facies prevail at the bottom of the Upper Pliocene. The calcareous levels show solution structures such uvalas and sinkholes. The river network is embedded with these materials, and deposits detrital upper Pleistocene-Holocene sediments of clay and silt, with varying fractions of organic matter, including peat deposits, and sinkhole bottom deposits.

The geomorphological unit of the La Mancha Plain is characterized by the presence of extensive plains with Pliocene carbonate materials, and the rivers slightly embedded, giving a topography of valleys with undifferentiated channels and, consequently, a large surface ponding, and permanent wetlands throughout the year.

The study area is located over the GWB 041 007 Mancha Occidental I. The conceptual hydrogeological model of this aquifer shows that the groundwater flow comes from the higher peripheral sectors, towards the central depression made up of the GWB Mancha Occidental I, Mancha Occidental II and Rus-Valdelobos. The water inlet is produced by precipitation, connection to surface water channels and by lateral transfer from the GWB Sierra de Altomira in the north, and GWB Campo de Montiel in the south. The outputs are produced towards the base level of the bed of the Guadiana River to the west, and towards the dam of El Vicario.

Most of the of the "motillas" are located in the floodplain of the river channels (Fig.6), and in only one case, the "motilla" of Albuera is situated on the eponymous lagoon, near Daimiel. The common element in all of them is the proximity of surface water.

All the "motillas" are located on Quaternary deposits, most of them linked to river channels and in one case linked to the deposits of the bottom sinkhole (Albuera lagoon). The common element in this regard is the existence of detrital aquifers associated with these quaternary levels, and usually interconnected with the respective surface mass water. In addition these detrital levels are easily excavated.

The stratigraphic series in the zone shows a Quaternary deposit, and in all cases under these deposits are found Pliocene calcareous series that constitute the regional calcareous aquifer GWB 041 007. Usually limestone predominates at the base of the Tertiary unit. Figures 7 to 11 show the geological plant and profile of the principal groups of "motillas." These groups are divided according to function of the water body they are connected to (Table 1).

### Discussion and conclusions

The location of the Daimiel "motillas" suggests an organized position, as the distance between them is a variable distance of between 3 and 6 kilometres. The availability of fresh water inside may be the reason for the position and distribution of the "motillas" in an extremely dry period.

The archeological excavation in the "motilla" of Azuer revealed the existence of a well about 18 metres deep. This depth would be too great for an ancient well, unless this depth was for a specific purpose. In the stratigraphic sequence shown in the Figure 11 the excavation of 18 metres depth is near the top of the Pliocene limestone unit. This excavation did not reach the real downhole, so most probably final objective of the well was to reach the regional aquifer of Pliocene limestone.

Pliocene limestone in all probability would not be affected by weather or climate conditions, unlike surface waters, and Quaternary surface aquifers. It seems likely therefore that the ultimate objective of the wells located inside the "motillas" must have been to guarantee supplies in an extremely dry period as described for wells reaching the regional Pliocene aquifer.

Once the Bronze Age in La Mancha ended, the "motillas" were abandoned and a new type of settlement was created, the "oppida", initiated during Late Bronze Age and developed during the Iron Age. These settlements were located outside the floodplains, to the south (Fig.2). This new era coincides with the end of the dry period Event 4.2 ka cal. BP.

The hypothesis of abandonment of the main settlement area to the south in a wetter period may be due to the rise of the water table, increased river flow and flooding in the area previously inhabited (Fig.12), at a time when water resources would have been more accessible.

### Introducción

Las motillas son yacimientos arqueológicos presentes en la región natural de La Mancha, considerados como el 'fósil director', o referente principal, del asentamiento humano organizado más antiguo (Calcolítico-Edad de Bronce) capaz de captar agua subterránea en la Península Ibérica.

Las excavaciones arqueológicas desarrolladas en varias de estas motillas, a lo largo de más de tres décadas, han revelado que no son túmulos funerarios, como en principio se pensó, sino asentamientos ubicados en zonas llanas, de planta tendente al círculo, con doble o triple línea de muralla y, en ocasiones, con una torre central. Las motillas estudiadas muestran complejas arquitecturas de muros superpuestos cuya ruina ha llegado a formar verdaderos *tells*. A su alrededor pudo desarrollarse un poblado exterior de cabañas, que se extendería sobre un radio aproximado de 50 m en el caso de la motilla del Azuer. En varias motillas se identificó inicialmente un 'patio' interior, que a la postre ha resultado ser un pozo de grandes dimensiones para alcanzar el nivel freático con los medios y tecnología prehistóricos. Así se ha revelado

en la excavación más profunda llevada a cabo hasta la fecha, en la motilla del Azuer (figura 1) (Nájera, 1984; García Pérez, 1988; Nájera y Molina, 1977, 2004a, 2004b y 2004c; Nájera *et al.*, 2004 y 2010; Fernández Miranda *et al.*, 1993; Galán y Sánchez Meseguer, 1994; Ruiz Taboada, 1996; Fernández Posse y Martín, 2006; Fernández Posse *et al.*, 1996 y 2008; Aranda *et al.*, 2008; Benítez de Lugo, 2010, 2011a, 2011b y 2011c; Benítez de Lugo y Mejías, 2014).

Las motillas coexistieron en La Mancha con otro tipo de ocupaciones durante la Edad del Bronce, tales como poblados en altura, campos de silos, cuevas o monumentos funerarios. Todos ellos conforman el grupo cultural conocido como 'Bronce de La Mancha' o 'Cultura de las Motillas' (Galán y Sánchez Meseguer, 2007; Martínez Navarrete, 1988, 1989a y 1989b; Ruiz Taboada, 1996; Fernández Posse *et al.*, 2008; Benítez de Lugo, 2010, 2011a y 2011b). La relación que existió entre estos diferentes lugares de ocupación no se conoce suficientemente por el momento. En concreto, dentro de este mosaico de ocupaciones coetáneas, las motillas desempeñaron un papel hasta ahora poco conocido en clave territorial. El trabajo que se presenta es un avance en este sentido, como se expone más adelante.



**Figura 1.** A) Vista aérea de la motilla del Azuer (Daimiel, Ciudad Real) con el nivel freático en cotas elevadas tras un periodo húmedo, en 2013 (Benítez de Lugo y Mejías, 2014) (© SAF Juan I. Rozas Blanco). B) Vista aérea de la motilla del Azuer en 2008, en un momento de posición del nivel freático en cotas bajas, después de varios años de escasas precipitaciones (Foto. M.A. Blanco/Dpto. de Prehistoria de la Universidad de Granada. Nájera *et al.*, 2010).

**Figure 1.** A) Aerial view of the Azuer "motilla" (Daimiel, Ciudad Real) with the water table at high levels, after a wet period in 2013 (Benítez de Lugo y Mejías, 2014) (© SAF Juan I. Rozas Blanco). B) Aerial view of the Azuer "motilla" in 2008, with the water table at low levels after several years of low rainfall (Picture. M.A. Blanco/ Prehistory Department of the University of Granada. Nájera *et al.*, 2010).

### **Ubicación de las motillas de La Mancha**

En el entorno de las Tablas de Daimiel existe una notable concentración de motillas, mayor que en otros lugares. Por esta razón el estudio se ha centrado en esta zona, en la que confluye el río Guadiana con sus afluentes Gigüela y Azuer. Existen otras concentraciones en La Mancha; no obstante este estudio se centra en el entorno del municipio de Daimiel.

Recientemente se ha publicado el primer censo de motillas (Benítez de Lugo, 2010 y 2011b) en el que llama la atención la inexistencia de motillas en ciertas áreas (como puedan ser la cuenca del río Jabalón o buena parte de Campo de Montiel), zonas tradicionalmente adscritas a la cultura del Bronce de La Mancha. Este estudio contribuye a explicar esta circunstancia, a la vez que actualiza aquel primer censo de motillas (figura 2).

La motilla del Acequión, construida dentro de la laguna homónima en el actual término municipal de Albacete, es la más oriental de todas las motillas conocidas, y está desplazada 68 km al este de su motilla más cercana (Fernández-Miranda *et al.*, 1993; Fernández-Posse *et al.*, 2008; Benítez de Lugo, 2010 y 2011a). Esta motilla, junto a algunas otras también periféricas pero menos distantes del núcleo principal antes citado, permite confirmar un aspecto fundamental hasta ahora no considerado: la ubicación de estas edificaciones prehistóricas se halla estrechamente vinculada con las particulares características hidrogeológicas de estas zonas de La Mancha. Una revisión preliminar al mapa de distribución de

motillas indica que estos complejos arquitectónicos fueron construidos en La Mancha por nuestros antepasados, durante la Prehistoria Reciente, allí donde se lo permitieron las características hidrogeológicas del subsuelo, los niveles piezométricos y la tecnología de excavación de la época, además de otros posibles factores (figura 2).

### **Paleoclima en La Mancha durante la Prehistoria Reciente: el Evento 4.2 ka cal BP**

Algunos estudios paleopalinológicos sobre zonas de la Meseta indican que al inicio del III milenio cal BP se vivió un prolongado periodo especialmente seco y árido, dentro del cual se produjeron algunas subfases más húmedas (López Sáez *et al.*, 2009 y 2012). Así, el comienzo de la Edad de Bronce en La Mancha coincide con ese evento climático abrupto, caracterizado por su extrema aridez y conocido como Evento 4.2 ka cal BP (datado entre 2350 y 1850 cal BC aproximadamente). Este evento climático se considera uno de los periodos de aridificación holocenos más notables en la Península Ibérica y con anterioridad ha sido puesto en relación con el origen de las motillas (Benítez de Lugo 2010, 2011a y 2011b; Benítez de Lugo y Mejías, 2014). Es preciso recordar que este repentino cambio climático, relacionado a nivel mundial con el ocaso de diversas culturas, coincide en La Mancha con el final del mundo calcolítico y con la construcción de las motillas, en la transición a la Edad del Bronce; un

momento de creciente complejidad social en el camino hacia la jerarquización y la creación de una sociedad compleja (Benítez de Lugo, 2010, 2011a y 2011b). Estos cambios adaptativos y estratégicos hicieron posible la continuidad del poblamiento en La Mancha durante la transición entre el III y II milenio cal BC, en un momento de estrés ambiental, a partir de una reorganización de la explotación de los recursos, y con las motillas como novedosa y singular solución ante la mencionada crisis ambiental (Benítez de Lugo, 2011b,

2011c). Muy probablemente, el mayor impulso para la construcción de las motillas es coincidente con los momentos de mayor aridez, pudiendo situarse su colapso alrededor de 3.35 ka cal BP, probablemente tras el progresivo regreso y consolidación de condiciones ambientales más húmedas y cálidas, tras el período climático conocido como 'Neoglaciación' (uno de los últimos episodios o subfases del Evento Climático 4.2 ka cal BP). Esto sucedió en La Mancha antes de los cambios del Bronce Final y de otro cambio climático



**Figura 2.** Posición de las motillas y oppida con respecto a las MASb centrales de la CAG y de 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 I (24), La Moraleja II (25), Laguna de Cueva Morenilla (26), La Jacidra (27), El Morrión (28), El Pedernoso (29), El Acequión (30), El Cuevo (31), Malvecinos (32).

**Figure 2.** Motillas and Oppida position regarding the central GWB of the upper Guadiana Basin, and the 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 I (24), La Moraleja II (25), Laguna de Cueva Morenilla (26), La Jacidra (27), El Morrión (28), El Pedernoso (29), El Acequión (30), El Cuevo (31), Malvecinos (32).

abrupto posterior: el denominado Evento 2.8 ka cal BP (ca. 850-760 cal BC) (Benítez de Lugo, 2011a, 2011b, 2011c), de características marcadamente contrarias al Evento Climático 4.2.

A partir del Bronce Final se observa en La Mancha una completa reorganización espacial del poblamiento, estando vertebrado el territorio en torno a nuevos y diferentes asentamientos principales, origen de los futuros *oppida* ibéricos prerromanos (figura 2).

En síntesis, con anterioridad se ha planteado que el aumento de las precipitaciones y la progresiva elevación del nivel freático en la región, a partir de 3750 cal BP, pudieron permitir la recuperación de las zonas húmedas que prácticamente habían desaparecido entre 3950-3750 cal BP, hasta el punto de que algunas motillas pudieron llegar a inundarse (Benítez de Lugo 2011a, 2011b; Benítez de Lugo y Mejías, 2014). 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 (Benítez de Lugo, 2011c; Benítez de Lugo *et al.*, 2014; Benítez de Lugo y Mejías, 2014).

### Objetivos del estudio

Las investigaciones sobre las motillas y el Bronce de La Mancha comenzaron hace más de tres décadas. En los últimos años han sido publicadas algunas interpretaciones dirigidas a explicar el origen y la desaparición de la cultura del Bronce de La Mancha y sus motillas, considerando fundamentalmente aspectos paleoeconómicos, ambientales o hidrogeológicos (Gilman *et al.*, 2000-2001; Aranda *et al.*, 2008; Benítez de Lugo, 2010, 2011a y 2011b; Benítez de Lugo y Mejías, 2014). Sin embargo hasta ahora no se ha pre-



**Figura 3.** Localización geográfica del área de estudio (Mejías, 2014).  
**Figure 3.** Geographical location of the study area (Mejías, 2014).

sentado sobre esta cuestión ningún estudio empírico detallado que permita una explicación paleoecológica satisfactoria, considerando aspectos ambientales y culturales.

El objetivo principal de este estudio es exponer los resultados del análisis hidrogeológico que caracteriza el entorno de las motillas localizadas alrededor de las Tablas de Daimiel, para mejorar la comprensión de las condiciones paleoambientales y culturales de la época en La Mancha, y que incidieron en la creación, distribución y abandono de este tipo de asentamientos, así como de su evolución y de los procesos de cambio cultural durante la Edad del Bronce.

Este trabajo es la primera explicación empírica en la investigación paleohidrogeológica y paleoambiental del origen y desaparición de las motillas; un modelo de arquitectura excepcional, edificado en tiempos prehistóricos para explotar de forma sistemática, por vez primera, los recursos hídricos del subsuelo.

## Marco geológico

### Formaciones geológicas y características del terreno

El área objeto de este artículo se localiza en el tercio occidental de la región natural de la Mancha (figura 3). El núcleo urbano de mayor relevancia es Daimiel, ubicado junto al cauce del río Azuer, tributario, junto con el río Gigüela, del río Guadiana en su tramo inicial.

Geológicamente, el dominio de la Llanura Manchega (figura 4) queda limitado al oeste por el Macizo Hespérico (zona Centro Ibérica), al norte por el dominio de la Sierra de Altomira, al este por la rama Castellana de la Cordillera Ibérica y, finalmente, al sur por la denominada Cobertera Tabular del Campo de Montiel (Alonso-Gavilán *et al.*, 2004).

La geología de la zona está condicionada por la presencia de una fosa tectónica con zócalo paleozoico, sobre el que se disponen, de forma discordante,

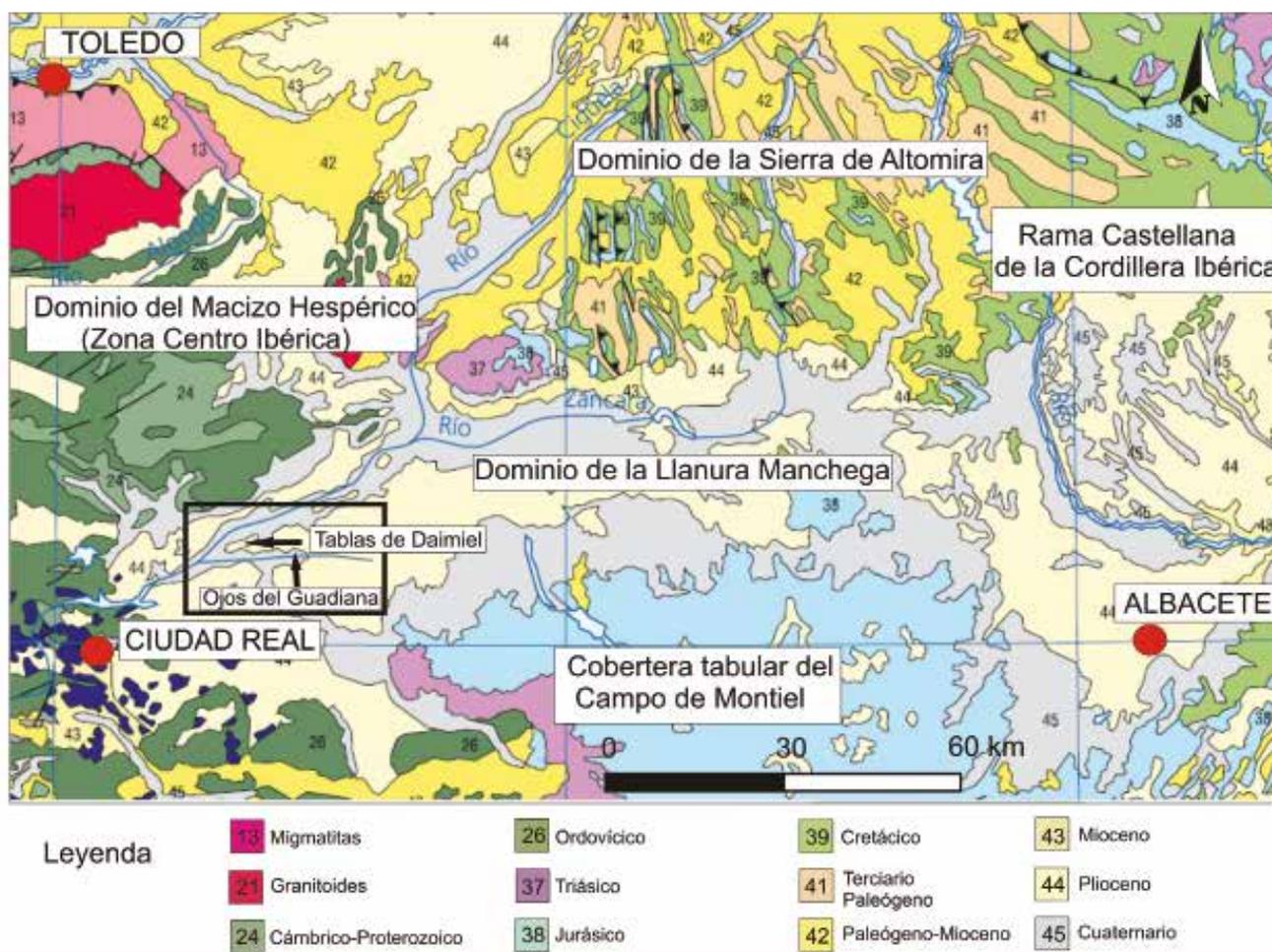
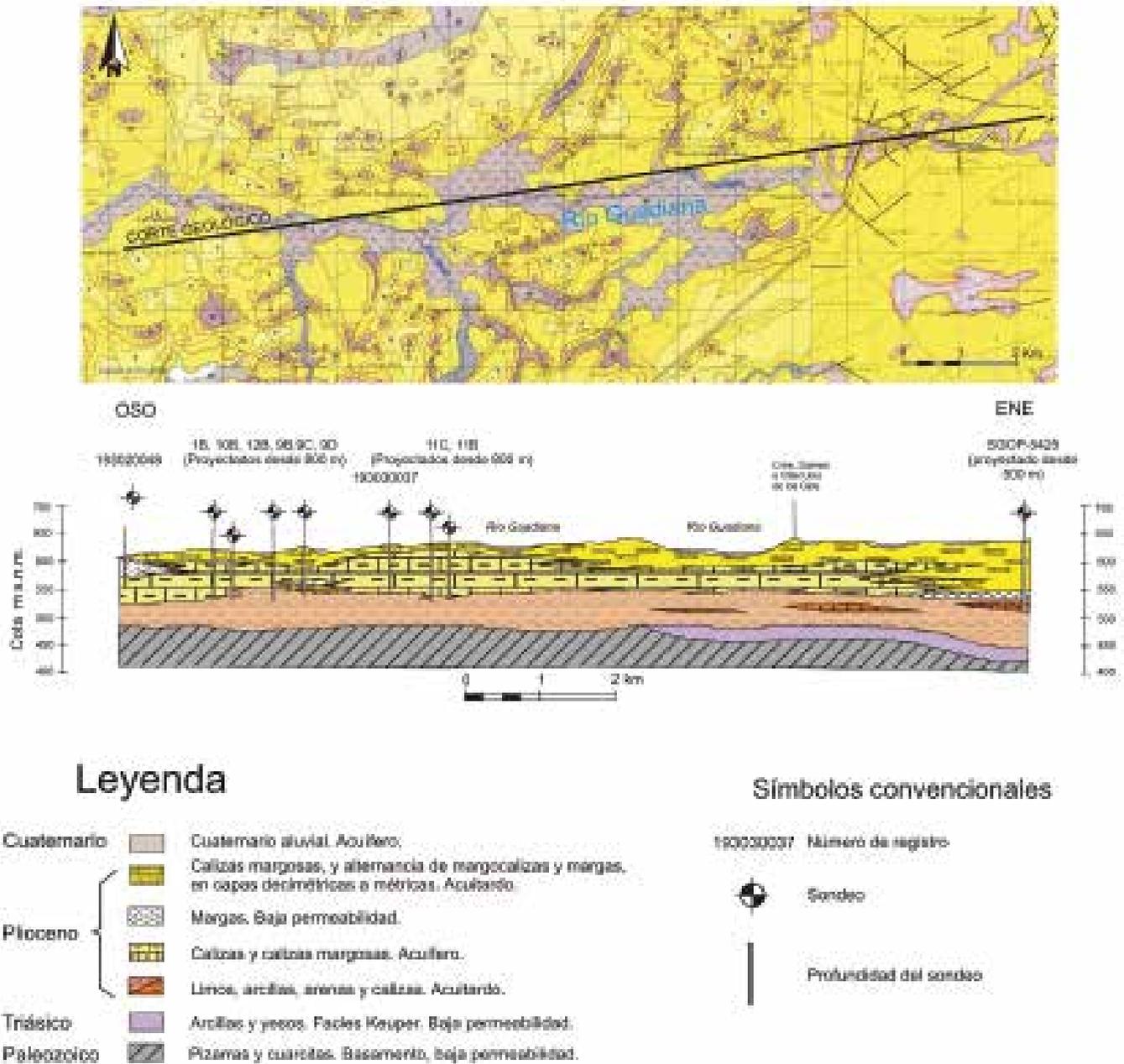


Figura 4. Localización de la zona de estudio según los dominios geológicos (Mejías, 2014).

Figure 4. Location of the study area according to geological domains (Mejías, 2014).

materiales cenozoicos y mesozoicos (Portero *et al.*, 1988 y Medina *et al.*, 1976). Se trata de una cuenca con varios centenares de metros de espesor, rellena por materiales de origen continental pertenecientes al Cenozoico, concretamente al Neógeno, serie del Mioceno superior-Plioceno, que se extiende por toda la Llanura Manchega, y materiales mesozoicos infra-yacentes en los dos tercios orientales de la región natural.

La zona de interés, en la que se ubican las motillas del entorno de Daimiel, se localiza en la cuenca alta del río Guadiana (CAG), concretamente sobre el Corredor Terciario de la Llanura Manchega, de dirección este-oeste. El corredor se encuentra relleno por materiales detríticos y carbonatados, de edad principalmente Plioceno y Cuaternario, suprayacentes sobre el zócalo paleozoico y, en el sector más oriental, sobre materiales del Triásico (figura 5).



**Figura 5.** Planta geológica y corte representativo del curso alto del río Guadiana (modificado de Mejías, 2014 y Portero *et al.*, 1988, hoja nº 760 serie MAGNA).

**Figure 5.** Geological plant and representative profile of the upper Guadiana River (modified from Mejías, 2014, and Portero *et al.*, 1988, map n° 760 series MAGNA).

El zócalo paleozoico está compuesto por cuarcitas y pizarras fundamentalmente, mientras que en el sector oriental el zócalo triásico lo constituyen areniscas y arcillas (Buntsandstein), margas y dolomías (Muschelkalk) y arcilla y yesos (Keuper). La serie triásica se acuña hacia el oeste hasta llegar a desaparecer, determinando el límite entre la MASb mancha Occidental I y Mancha Occidental II. La potencia máxima del triásico se alcanza en el sector oriental, llegando a los 180 metros. La serie de relleno cenozoica, en el entorno del cauce alto del río Guadiana, desde su nacimiento en los Ojos hasta la confluencia con el río Gígüela, da comienzo con un potente conjunto de limos, arcillas, arenas y calizas cuyo espesor es variable, entre 50 y 250 m, como corresponde a un contacto erosivo con el basamento, y cuya edad se atribuye al Plioceno basal (figura 5).

Sobre la unidad descrita se depositaron series de calizas (de hasta 100 m de espesor) que culminan con un conjunto de capas alternantes de margas y calizas tableadas, que incluyen niveles de arcillas y margo-arcillas; niveles que se encuentran afectados por el desmantelamiento erosivo producido por la red de drenaje del río Guadiana. Son estos materiales más superficiales, normalmente culminados por costras calcáreas (Plioceno superior y Pleistoceno inferior), los que se constituyen como soporte de las llanuras aluviales y, por ende, los que determinan básicamente la ubicación de las motillas.

### **Geomorfología de la zona de estudio**

Los procesos erosivos y de peneplanización ocurridos durante el Plioceno superior y el límite Plioceno-Pleistoceno, además del débil encajamiento de la red fluvial durante el Pleistoceno y la aparición de los procesos de karstificación, configuran esencialmente la morfología de la cuenca alta del Guadiana.

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona se sitúa en un área de características propias que se conocen bajo el nombre de Llanura o Corredor Manchego. Esta unidad geomorfológica se ubica entre unidades morfoestructurales de ámbitos distintos: los Montes de Toledo y Campo de Calatrava, al norte y oeste respectivamente, y Sierra Morena Oriental, al sur. La Llanura Manchega se extiende de este a oeste desde el valle del río Júcar hasta casi Ciudad Real. En esta unidad morfológica dominan las extensas planicies relacionadas con superficies de erosión, situadas a diferentes alturas pero próximas entre sí, la altitud media oscila entre los 620-640 m s.n.m., descendiendo la cota en el sentido ENE a OSO. Según Pérez González (1981) "*la red hidrográ-*

*fica está poco encajada, presenta cauces indiferenciados con amplias zonas de encharcamiento, nulo o escaso desarrollo de terrazas y régimen semipermanente o estacional*".

Sobre los materiales calcáreos pliocenos que rellenan la cuenca se instalan, en general, arroyos de cauce poco definido y algunos otros más estables, los cuales generan una red erosiva de tipo dendrítico, con depósitos de fondo de valle o vaguada. En ocasiones, estos depósitos alcanzan grandes extensiones, dando lugar a zonas potencialmente encharcables.

El valle del Guadiana, en la Llanura Manchega Occidental, presenta un reducido número de terrazas. La génesis de las terrazas está controlada por la actividad tectónica y por el clima. La etapa más reciente de la morfogénesis está definida por la acción eólica con acumulaciones de arenas que se inició en el Pleistoceno superior (Pérez González, 1981). El río Guadiana presenta en el punto más bajo una cota de 605 m s.n.m., en su extremo occidental. Discurre con una pendiente media inferior al 0.3 ‰ y muestra un régimen semipermanente, muy influenciado en las cuatro últimas décadas por la extracción de agua subterránea en los acuíferos de la Llanura Manchega (Mejías *et al.*, 2012; Mejías, 2014).

### **Marco hidrogeológico de la masa de agua subterránea Mancha Occidental I**

Históricamente, los acuíferos de la Mancha Occidental se caracterizan por la importante interrelación entre las aguas superficiales y subterráneas, de forma que las variaciones en uno de los ámbitos tienen consecuencias, directas e indirectas, en el otro. En estado originario o inalterado los cursos fluviales tenían carácter efluente o influente a lo largo del cauce, pudiendo un mismo tramo comportarse de forma diferente en función de la estación del año y/o de la climatología, si bien la proximidad del nivel freático a la superficie y la escasa pendiente de esta área, confería a los ríos, en general, un carácter ganador o efluente en el área de la Llanura Manchega.

El intenso aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos a partir de la década de los 70 del pasado siglo, y especialmente en los años 80 y 90, varió radicalmente la relación entre las aguas superficiales y las subterráneas. El intenso régimen de extracciones provocó, a partir del principio de la década de los 80, un importante descenso piezométrico generalizado, que condujo a la progresiva desconexión de las aguas superficiales y subterráneas.

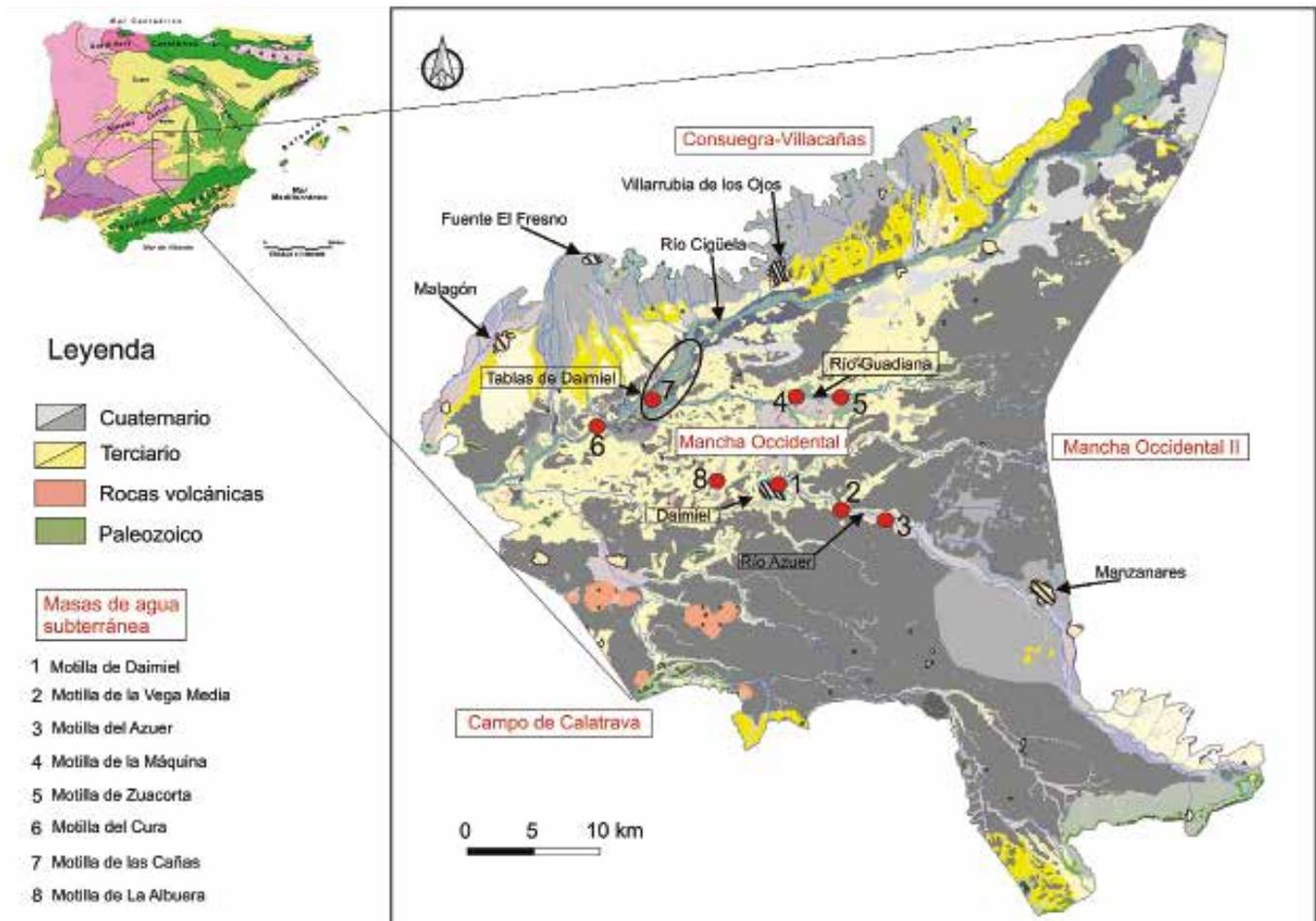
### Hidrología superficial

La hidrología superficial de la zona se caracteriza por la presencia de tres cursos fluviales principales, que confluyen en un área de topografía plana en la que se desarrolla una extensa zona de humedales a partir de una red fluvial poco desarrollada, de escasa pendiente y de la proximidad del nivel freático a la cota de superficie (Mejías y Martínez-Cortina, 2012).

El río Guadiana, principal de los tres cauces, tiene su nacimiento en la zona de los Ojos del Guadiana. Según la toponimia local, el término *ojos* hace referencia al conjunto de manantiales que dan lugar a dicho río. Previamente a 1983, año en que estos manantiales llegaron a secarse debido a la intensa explotación de las aguas subterráneas, los Ojos del Guadiana eran los puntos de drenaje natural del acuífero plioceno y, por ende, constituían la fuente de caudal principal del río Guadiana (Mejías, 2014).

Los otros dos ríos presentes en la zona de estudio son el río Azuer, afluente del Guadiana por su margen izquierda, y el río Gigüela afluente por su margen derecha. El río Azuer tiene su principal alimentación a partir de las descargas subterráneas del acuífero mesozoico del Campo de Montiel. Inicialmente contaba con un caudal anual relativamente permanente, debido al carácter efluente. A partir de la década de los 80 el descenso generalizado de niveles le confiere un carácter influente o perdedor, que se traduce en un caudal anual irregular, con escorrentía durante los periodos húmedos o de intensas precipitaciones puntuales.

El segundo de los afluentes, el río Gigüela, tiene su principal fuente de alimentación en la parte alta de la cuenca, pasando a ser influente en la zona de la CAG. Las aguas de este río presentan elevadas concentraciones de sulfatos y cloruros, dado que en su curso atraviesa formaciones triásicas yesíferas. La



**Figura 6.** Localización de las motillas ubicadas en la Masa de Agua Subterránea Mancha Occidental I (Benítez de Lugo y Mejías, 2014).  
**Figure 6.** "Motillas" position on the GWB Mancha Occidental I (Benítez de Lugo and Mejías, 2014).

confluencia de este río con el Guadiana, en un área relativamente plana, favorece la generación de una extensa zona inundada, con cauces naturales difusos y un importante desarrollo de la cubierta vegetal. El descenso piezométrico producido a partir de los años 80 del pasado siglo ha sido la causa del carácter influente del río en su último tramo, y de la desecación de gran parte de las zonas húmedas existentes.

La fuente de alimentación de las Tablas de Daimiel en estado inalterado era, por un lado, el caudal drenado del acuífero plioceno a través de los Ojos del Guadiana hacia el río homónimo y, por otro, el caudal de los ríos Azuer y Gigüela que, pese a estar condicionados por el régimen climatológico, contaban con un caudal prácticamente permanente a lo largo de todo el año debido a la interacción con las aguas subterráneas en forma de tramos efluentes.

Por tanto, pese a que los cauces fluviales presentes en la zona han estado históricamente condicionados por el factor estacional o climático, reflejando la magnitud de su caudal la secuencia de periodos secos y húmedos (los primeros son de mayor duración, mientras que los segundos son más cortos y de variable intensidad), la influencia directa de las aguas subterráneas favorecía la existencia de un caudal permanente a lo largo de todo el año en las Tablas de Daimiel, independientemente de las condiciones climáticas.

El intenso aprovechamiento al que se ven sometidos los acuíferos a partir de los años 80 y 90 del pasado siglo (Mejías, 2014) provoca una reducción del caudal medio en los cursos fluviales (llegando a secarse en periodos de ausencia de lluvias), y la desaparición, a partir de 1983, de los Ojos del Guadiana. Consecuentemente, se reducen en gran medida los aportes de caudal a Las Tablas de Daimiel y, por ende, la superficie de inundación. Actualmente, la recuperación piezométrica como consecuencia del periodo húmedo 2009-2014, ha dado lugar a una situación hidrogeológica similar a la existente en el año 1983, no habiendo sido necesaria desde el año 2010 la derivación de caudales a través del acueducto Tajo-Segura (Mejías, 2014).

### ***Hidrogeología de la zona de estudio***

La zona en la que se centra este estudio se ubica en la masa de agua subterránea (MASb) 041.007, Mancha Occidental I, según la nomenclatura del Real Decreto 354/2013 del Plan Hidrológico del Guadiana. Anteriormente a esta denominación se han empleado diferentes criterios de definición hidrogeológica y administrativa, pasando desde sistemas acuíferos en el PNIAS (ITGE, 1979), a unidades hidrogeológicas, según se recoge en el RD 927/88 de 29 de julio del Re-

glamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, hasta entrar en vigor la última organización en MASb, basada en los criterios de la Directiva Marco del Agua (CE 2000).

En este caso, a pesar de la distinción entre las diferentes masas de agua subterránea, se ha de considerar la dinámica hidrogeológica global de la cuenca alta del Guadiana. El aspecto más relevante en este sentido es la circulación de aguas subterráneas hacia la zona central de la cuenca, configurada por las MASb Mancha Occidental I, Mancha Occidental II y Rus-Valdelobos. Las entradas de agua en estas tres masas se producen por infiltración directa de lluvia, por conexiones con los principales cauces superficiales y por transferencia lateral principalmente desde la Sierra de Altomira al norte, y el Campo de Montiel al sur (Martínez Cortina *et al.*, 2011; Mejías *et al.*, 2012). Hacia el este se describe una divisoria de aguas subterráneas, de posición variable (López Gutiérrez *et al.*, 2013), que delimita La Mancha Occidental de La Mancha Oriental (perteneciente esta última a la cuenca del Júcar). La salida natural de agua subterránea se produce al oeste, hacia el nacimiento del río Guadiana y el embalse del Vicario (Mejías, 2014).

Las motillas del entorno del término municipal de Daimiel se sitúan sobre la MASb Mancha Occidental I. Geológicamente esta unidad se diferencia de las otras dos que componen el sector central de la CAG en que, en profundidad, las calizas mesozoicas desaparecen hacia el oeste por acuífero de la serie. Concretamente, esta circunstancia sirve para definir el límite entre las MASb Mancha Occidental I y Mancha Occidental II.

En la zona, por tanto, se encuentra una única unidad acuífera, consistente en las calizas y margas del Plioceno y niveles detríticos básicamente del Cuaternario. La base de la unidad acuífera consiste en lutitas rojas, areniscas y yesos del Plioceno, suprayacentes al Triásico o bien directamente al basamento paleozoico, compuesto por cuarcitas y pizarras.

### **Ubicación de las motillas de Daimiel en relación con la hidrología y la geología**

El estudio de las motillas de Daimiel se ha centrado en el análisis de las características de las ocho motillas ubicadas sobre la MASb Mancha Occidental I. A su vez, las ocho motillas se pueden clasificar según la zona en la que se ubican, o más correctamente según la unidad geomorfológica e hidrológica a la que se asocian. En la tabla 1 se presentan las coordenadas de localización de las motillas y en la figura 6 quedan ubicadas en relación a la MASb mencionada.

El aspecto común que comparten todas las motillas del entorno de Daimiel es la localización en las inmediaciones de zonas con presencia de agua superficial, preferentemente ligadas a cauces fluviales, como es el caso de la motilla del Azuer, las motillas del río Guadiana y las motillas de las Tablas de Daimiel. La motilla de la Albuera difiere en este sentido con las anteriores, puesto que su ubicación se relaciona con la existencia de una laguna y no de un cauce fluvial. Espacialmente cabe indicar que la distancia entre las motillas varía entre 3 y 6 kilómetros.

En el plano geológico, las motillas se ubican sobre depósitos cuaternarios de diferente naturaleza, ya sean depósitos de llanura de inundación, fondos endorreicos, limos arcillosos con sales, turberas, fondos de dolina, etc. Por debajo del Cuaternario se encuentran en todos los casos las costras calcáreas del Pleistoceno medio e inferior y las calizas, margas y costras calcáreas del Plioceno. Posteriormente, se incluye un análisis detallado de los condicionantes geológicos e hidrogeológicos de cada uno de los grupos de motillas.

Hay que destacar que los terrenos cuaternarios sobre los que se asientan las motillas serían fácilmente excavables, por lo que la elección de la ubicación final pudiera estar relacionada también con las posibilidades de excavación del pozo que, supuestamente, tienen todas, o algunas, en su interior.

Desde el punto de vista hidrogeológico, las motillas se ubican en localizaciones en las que la disponibilidad de agua subterránea es segura, sobre materiales que tienen grandes posibilidades de ser explotados mediante pozos. En primer lugar, los depósitos cuaternarios granulares ligados a cursos fluviales suelen constituir acuíferos en sí mismos por conexión con el cauce superficial y por drenaje de la escorrentía

subsuperficial. Bajo los depósitos cuaternarios, los materiales carbonatados del Pleistoceno y Plioceno constituyen el acuífero regional de la zona, con almacenamiento de agua por fracturación y karstificación.

En la CAG en general, y en el área de drenaje del acuífero plioceno en particular, la superficie freática se encuentra muy próxima a la superficie, cuando no la corta, siendo por tanto fácilmente aprovechables los recursos hídricos subterráneos mediante pozos excavados a mano.

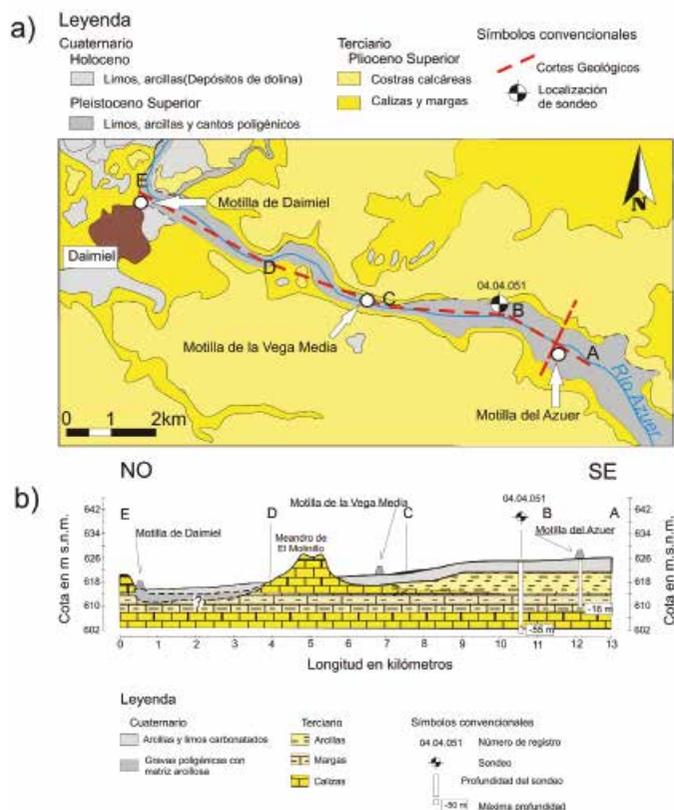
Tal y como se ha dicho anteriormente, la disponibilidad de agua en los cauces superficiales está muy condicionada por las condiciones climatológicas, de forma que en secuencias climáticas húmedas la disponibilidad de agua es segura, mientras que en épocas secas se reduce, pudiendo llegar a ser inexistente en los periodos de encadenamiento de varios años secos. El aprovechamiento del agua procedente de acuífero proporciona una mayor certidumbre en cuanto a la disponibilidad de recurso, dada la capacidad de regulación de los acuíferos con respecto a las aguas superficiales. La existencia del acuífero plioceno carbonatado bajo los sedimentos cuaternarios no hace sino asegurar la disponibilidad de agua para las motillas, en caso de alcanzarse estas formaciones mediante el respectivo pozo. Este acuífero carbonatado es de interés regional, y no se encuentra significativamente afectado por las eventualidades climatológicas.

Al menos en un caso, la motilla de Azuer, se ha constatado que el pozo excavado en su interior tiene la profundidad suficiente para alcanzar las calizas pliocenas, en este caso mediante un pozo de unos 18 metros de profundidad (contados desde la cota superior de la torre). Se desconoce la profundidad de los hipotéticos pozos existentes en el resto de motillas, pero podría tener

Grupo	Unidad geomorfológica e hidrológica asociada	Nombre	Coordenadas UTM ED50 huso 30
Motillas del río Azuer	Llanura de inundación del río Azuer	Motilla de Daimiel	X: 447316 Y: 4325279
		Motilla de la Vega Media	X: 452615 Y: 4323244
		Motilla del Azuer	X: 457069 Y: 4321894
Motillas del río Guadiana	Entorno de los ojos del Guadiana	Motilla de la Máquina	X: 448827 Y: 4332131
		Motilla de Zuacorta	X: 452042 Y: 4331964
Motillas de Las Tablas de Daimiel	Humedal generado en la confluencia de los ríos Guadiana y Gigüela	Motilla del Cura	X: 433110 Y: 4329430
		Motilla de las Cañas	X: 437017 Y: 4331190
Motilla de la Albuera	Laguna de la Albuera	Motilla de la Albuera	X: 442559 Y: 4325528

**Tabla 1.** Clasificación de las motillas de Daimiel y coordenadas de localización (elaboración propia).

**Table 1.** *Daimiel "motillas" classification and location coordinates (own elaboration).*



**Figura 7.** A) Localización de las motillas del río Azuer sobre esquema geológico (Benítez de Lugo y Mejías, 2014). B) Corte geológico longitudinal de las motillas del río Azuer (modificado de Benítez de Lugo y Mejías, 2014).

**Figure 7.** A) The Azuer "motillas" over geological scheme (Benítez de Lugo and Mejías, 2014). B) Longitudinal geological profile of the Azuer "motillas" (modified from Benítez de Lugo and Mejías, 2014).

relación con el diámetro de los pozos y, consecuentemente, con el tamaño de cada motilla. No obstante, en caso de existir dichos pozos probablemente alcanzarían las calizas pliocenas, con el fin de asegurar el abastecimiento en las situaciones hídricas más extremas.

La localización de las motillas parece evitar cursos superficiales de agua salobres, como pueda ser el río Gigüela. Esta circunstancia puede ser puesta en relación con el aprovechamiento de agua dulce subterránea en las motillas mediante pozos, que no se deseaba mezclar con una eventual agua salobre que pudiera discurrir por la superficie.

En el caso de la motilla de la Albuera, el Cuaternario que recubre el fondo de la laguna no tiene origen fluvial. Su origen genético estaría relacionado con la acumulación de agua en el fondo de una dolina, bien por intersección del fondo con la superficie piezométrica, bien por sedimentación de arcillas de decalcificación, que impermeabilizan el fondo y favorecen la acumulación de agua.

### Motillas del río Azuer

Se localizan en la vega del río Azuer e incluyen las motillas del Azuer, la de la Vega Media y la de Daimiel (figura 7a). Las tres se disponen directamente sobre el aluvial de la llanura de inundación del río Azuer. La motilla de la Vega Media se asienta aproximadamente a una distancia de 4.5 km de la del Azuer, y la de Daimiel lo hace a otros 6.5 km de distancia con respecto a la de la Vega Media.

El río Azuer se dispone, en su tramo intermedio, siguiendo una línea casi recta que une Manzanares y Daimiel para, en su tramo final, orientarse en dirección norte aproximadamente hasta confluir con el río Guadiana. Dicha disposición viene condicionada por las directrices tectónicas principales.

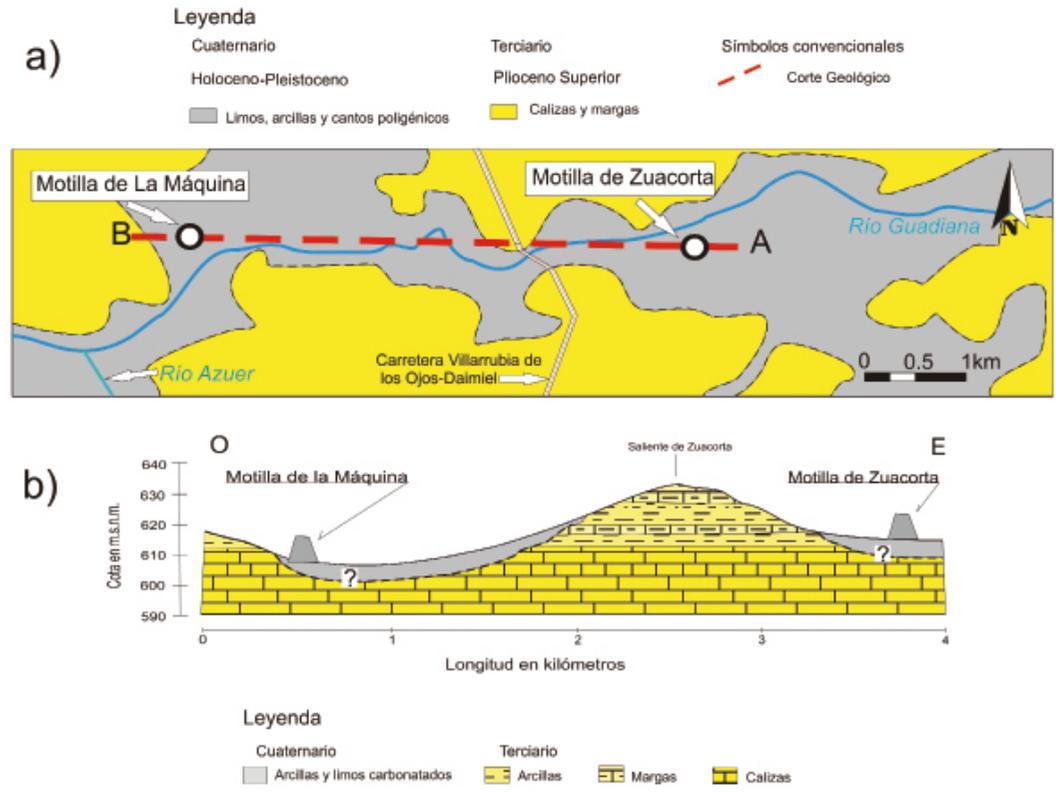
El río Azuer desciende desde una cota de 627 m s.n.m. a la altura de la motilla del Azuer (figura 7b), hasta los 613 m s.n.m. aproximadamente, a la altura de la motilla de Daimiel. Los datos aportados por los reconocimientos de campo muestran que las motillas se localizan (de techo a muro) sobre el siguiente conjunto estratigráfico: aluviales cuaternarios, constituidos por arcillas y limos con potencias variables de 2-3 m, que descansan sobre un conjunto de gravas que también alcanzan unos 3 m. A continuación, mediante una discordancia erosiva, se encuentra la serie terciaria compuesta (según la testificación del sondeo 04.04.051, referencia base de datos CHG) por 12 metros de arcillas, seguidos de un nivel de margas con una potencia de 7 metros, para pasar a continuación a un potente nivel de calizas de, al menos, 30 metros de espesor.

A lo largo de la zona que abarca el perfil del río Azuer (figura 7 a y b) se observa un cambio lateral de facies. Aunque la base de la unidad son calizas y margas, muestra arcillas intercaladas con potencias de cierta relevancia, como es el caso del sustrato existente bajo los aluviales de la motilla del Azuer. Así, se observan 12 m de arcillas entre el aluvial de superficie y las margas y calizas de la base, que no se aprecian en el afloramiento del meandro del Molinillo.

La disposición del conjunto es horizontal-subhorizontal con ligeros alabeos. Se observa fácilmente que el río Azuer ha excavado y socavado el sustrato, cortando niveles geológicos a su paso y haciendo desaparecer niveles de la serie en la vertical.

### Motillas del río Guadiana

La zona de las motillas del río Guadiana se compone de las motillas de Zuacorta y la de La Máquina (figura 8 a), situadas en dirección este-oeste siguiendo la vega del río. Ambas motillas se disponen directa-



**Figura 8.** A) Localización de las motillas del río Gadiana sobre esquema geológico (Benítez de Lugo y Mejías, 2014). B) Corte geológico longitudinal de las motillas del río Gadiana (Benítez de Lugo y Mejías, 2014).

**Figure 8.** A) "Motillas" of Gadiana River over geological scheme (Benítez de Lugo and Mejías, 2014). B) Longitudinal geological profile in the "motillas" of the Gadiana River (modified from Benítez de Lugo and Mejías, 2014).

mente encima de niveles cuaternarios de limos arcillas y cantos poligénicos, con materia orgánica y turba.

La pendiente de la zona es muy pequeña, con un desnivel que va de los 613 m s.n.m., en la motilla de Zuacorta, a los 606 m s.n.m. en la de La Máquina, con una distancia entre ellas de unos 3 km. La escasa pendiente junto con la proximidad del nivel freático a la superficie ha generado una extensa llanura de inundación, con importante cubierta vegetal que da lugar a los niveles de turba como consecuencia de la sucesión de distintos episodios de inundación. La zona forma parte del área de descarga del acuífero plioceno, a través de los Ojos del Gadiana, por lo que son frecuentes los episodios de inundación tras periodos de intensas lluvias.

Se ha interpretado un perfil geológico (figura 8b) a partir de la información de los sondeos más cercanos. Bajo el aluvial de la llanura de inundación, compuesto por arcillas, limos y cantos poligénicos con materia orgánica, se disponen directamente las calizas del Plioceno mediante discordancia erosiva. Las margas y arcillas de la serie que se encuentra por encima han sido erosionadas bajo los cauces, pero sí aparecen en el afloramiento de Zuacorta.

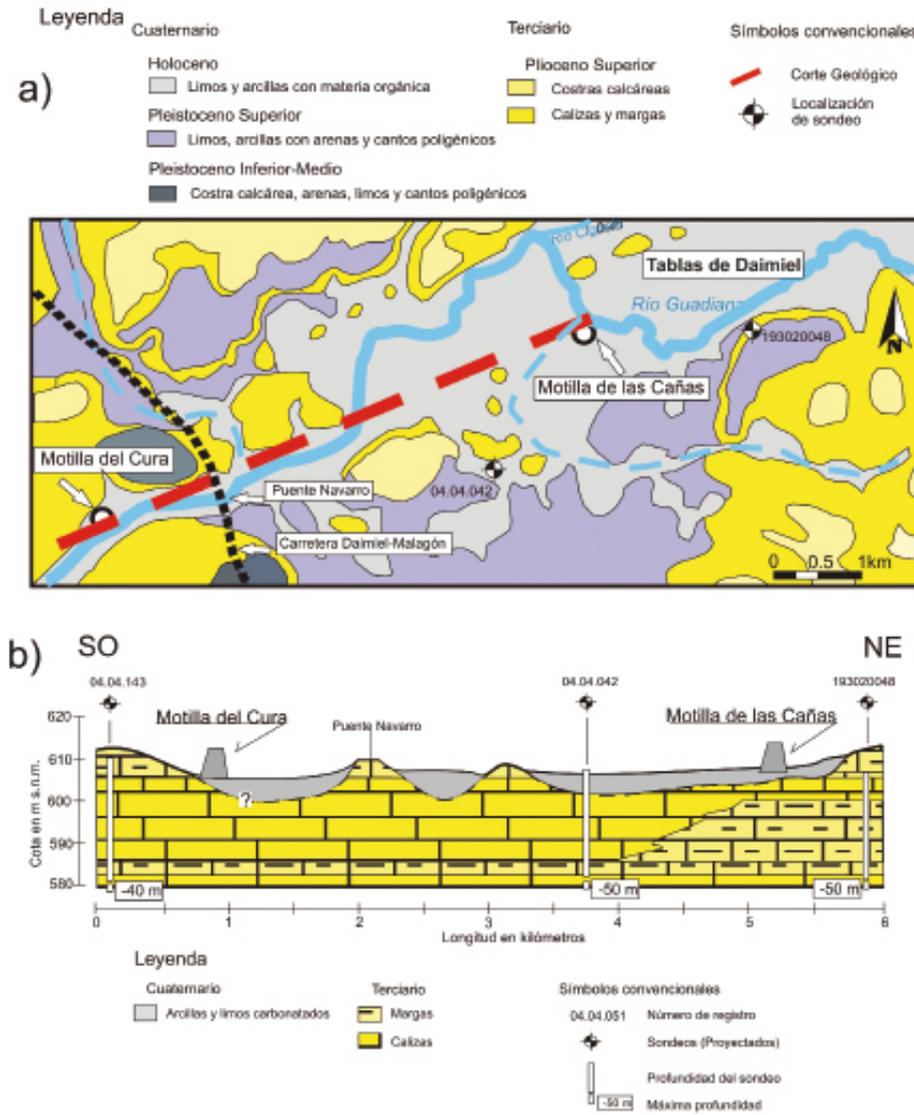
### Motillas de las Tablas de Daimiel

En las Tablas de Daimiel se localizan las motillas del Cura y de las Cañas, situadas a una distancia de unos 5 kilómetros entre sí. La motilla de las Cañas se sitúa 1 km aguas arriba de la confluencia del río Gigüela con el Gadiana, mientras que la motilla del Cura se sitúa casi 6 km aguas abajo de la confluencia (figura 9a). La dirección del río a partir de la incorporación del Gigüela al río Gadiana es NE-SO.

El desnivel entre la motilla de las Cañas, sita a cota 607 m s.n.m. y la motilla del Cura, localizada a 606 m s.n.m., es prácticamente nulo, por lo que este tramo del río Gadiana se caracteriza por una escasa pendiente, dando lugar a las amplias llanuras de inundación que definen el entorno del humedal de las Tablas de Daimiel (figura 9b).

Los dos yacimientos arqueológicos se ubican directamente sobre el aluvial formado por arcillas, limos y arenas con materia orgánica, materiales depositados en la zona de confluencia de los ríos Gigüela y Gadiana.

La potencia de dicho aluvial no supera los 4-5 m, según la columna litológica del sondeo 04.04.042 (re-



**Figura 9.** A) Esquema geológico de las motillas de las Tablas de Daimiel (Benítez de Lugo y Mejías, 2014). B) Corte geológico longitudinal de las motillas de las Tablas de Daimiel (Benítez de Lugo y Mejías, 2014). **Figure 9.A)** "Motillas" of the Tablas de Daimiel over geological scheme (Benítez de Lugo and Mejías, 2014). **B)** Longitudinal geologic profile in the "motillas" of the Tablas de Daimiel (modified from Benítez de Lugo and Mejías, 2014).

ferencia de la Base de Datos de la CHG), y descansa directamente sobre el techo de las calizas del Plioceno, las cuales, con intercalaciones de niveles más margosos, se extienden en profundidad.

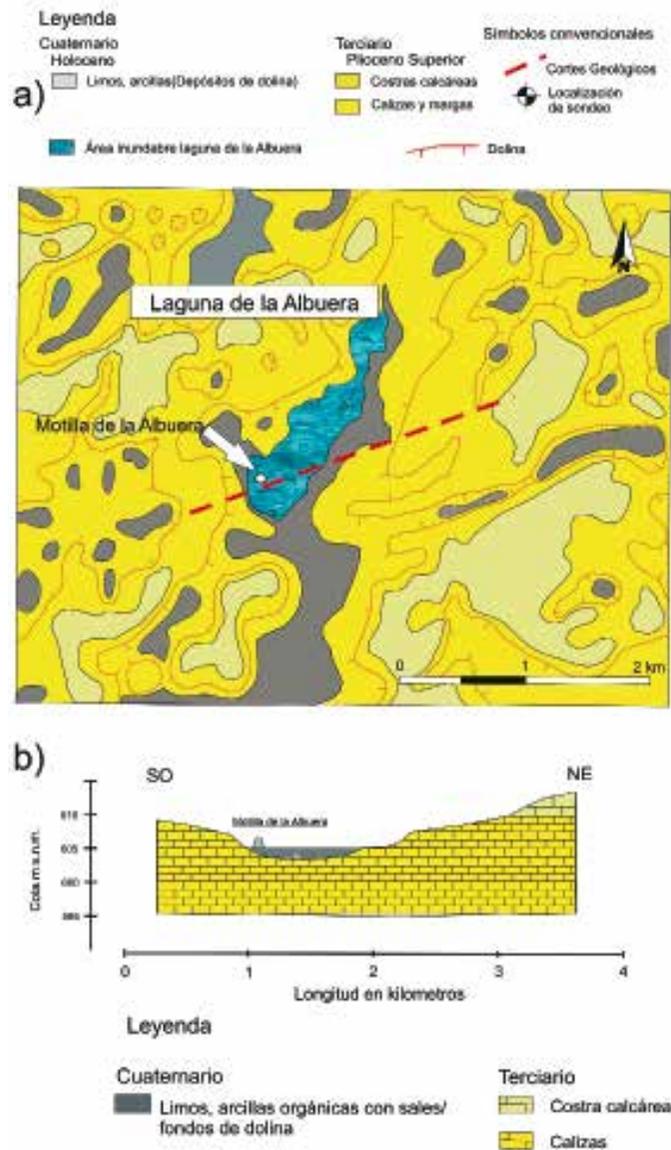
### **Motilla de la Albuera**

La motilla de la Albuera se considera diferenciada del resto de grupos, dado que su ubicación no corresponde a la vega de un curso fluvial, sino que se sitúa en el interior de la laguna de la Albuera de la que toma su nombre (figura 10a).

Espacialmente se encuentra a 5 km aproximadamente de la motilla más cercana en dirección este, que en este caso es la de Daimiel.

Se sitúa en un área de morfología plana, como es el caso del lecho de la laguna de la Albuera, situada en el interior de una extensa dolina formada por coalescencia de varias. El origen de esta laguna se debe a la acumulación de agua en el fondo de dicha dolina por intersección del nivel freático con la superficie, y posterior acumulación de agua en el fondo por sellado con limos, arcillas y arcillas de decalcificación. En la dolina, el nivel piezométrico está muy próximo a la superficie, y las fluctuaciones de este nivel según las secuencias de periodos húmedos y secos, provocan la disolución subsuperficial y posterior colapso por karstificación.

En la figura 10b se presenta un corte geológico en la vertical de esta motilla, si bien los datos son extrapolados de los sondeos más cercanos, ya que en



**Figura 10.** A) Esquema geológico del entorno de la motilla de la Albuera (elaboración propia). B) Corte geológico de la motilla de la Albuera (elaboración propia).  
**Figure 10.** A) The Albuera "motilla" over the geological scheme (own elaboration). B) Geologic profile in the Albuera "motilla" (own elaboration).

las inmediaciones no se dispone de ningún sondeo de investigación.

La litología esperable de techo a muro estaría constituida por un depósito Holoceno de arcillas y limos con precipitación de sales, debido a las oscilaciones piezométricas, de escasa potencia, seguido mediante discordancia erosiva de la serie carbonatada pliocena, compuesta por arcillas margas y calizas.

La motilla se ubica sobre materiales cuaternarios, y subyacente a poca profundidad se encontraría el techo de los niveles pliocenos.

### Discusión

Hay una serie de datos geológicos e hidrogeológicos comunes a las distintas motillas ubicadas en el entorno de Daimiel. Todas, a excepción de la de La Albuera, se encuentran enclavadas en llanuras aluviales.

La localización cercana a los propios cauces aseguraba inicialmente el abastecimiento de agua, ya sea por proximidad al recurso o por la excavación de pozos en épocas secas en las que por los cauces dejaba de correr el agua superficial y el río desaparecía, quedando el agua a unos metros de profundidad en el interior del aluvial, o incluso por debajo de este.

La observación de la geología y la interpretación de las investigaciones disponibles cercanas a las motillas revelan los siguientes hechos:

1. Los ríos y arroyos erosionan la unidad del Plioceno superior, encontrándose el techo de las calizas a cotas que oscilan entre los 606 y 612 m s.n.m. Esto es consecuencia de la extensión y homogeneidad de su disposición, cuando se produjo la colmatación de la cuenca sedimentaria. La diferencia de cota a la que se detectan es debido al ligero basculamiento, de N-NE hacia el S-SO, de todo el plano que forma la serie carbonatada.

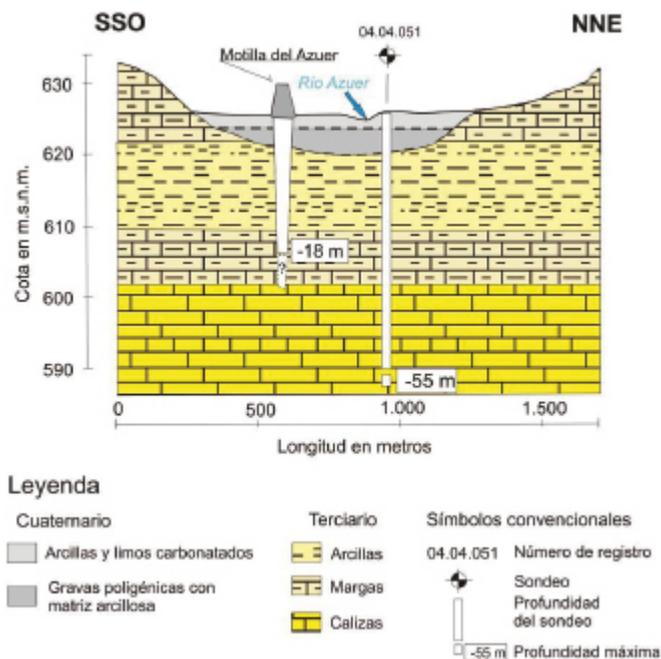
2. De este a oeste hay un cambio de facies progresivo, pasándose de mayor presencia de arcillas y margas y episodios intercalados de calizas, hacia un tramo con más calizas y margas, con algún lentejón de arcillas de extensión variable.

3. El relieve excavado en la superficie cenozoica es pequeño y el encajamiento de la red hidrológica se ha llevado a cabo de manera uniforme, como consecuencia de un nivel de base con poca pendiente.

En el río Azuer se han depositado aluviales con potencias máximas que no superan los 6 m. La base son gravas de pizarras y cantos poligénicos cubiertos por 2-3 m de arcillas limo-arenosas rojas.

En el río Guadiana y Las Tablas de Daimiel las potencias del aluvial son en general algo menores, 3-4 m, con presencia de carbonatos y materia orgánica abundante, fruto del estancamiento y la escasa circulación de agua.

Así pues, parece razonable suponer que las calizas del Plioceno, que forman la unidad acuífera regional, constituían el objetivo a alcanzar por los constructores de los pozos de las motillas, para garantizar el abastecimiento de agua a los asentamientos de la Edad del Bronce de La Mancha.



**Figura 11.** Corte geológico transversal al río Azuer y a la motilla homónima (Benítez de Lugo y Mejías, 2014).

**Figure 11.** Geological cross section of the Azuer "motilla" (Benítez de Lugo and Mejías, 2014).

Las motillas del Cura y de las Cañas, al instalarse sobre el aluvial, cumplían dos requisitos: por un lado, como ya se ha comentado en apartados anteriores, se dispondría en ocasiones del agua contenida en el aluvial; y, por otro, al ser "fácil" la excavabilidad del sedimento, permitía el acceso a las calizas con pocos metros de laboreo. En concreto, las motillas se sitúan a cota aproximada de 607 m s.n.m. y las calizas bajo el aluvial a unos 3-4 m de la superficie. Tan solo habrían de excavar esos 3-4 m para obtener el agua almacenada en las calizas infrayacentes.

Respecto a las motillas de La Máquina y de Zuacorta, la primera se ubica en un punto en el que solo se necesita excavar unos 2-3 m y, en la de Zuacorta, aunque situada a una cota más elevada de 612-613 m s.n.m., para acceder al agua se necesitaría excavar a una profundidad similar, del orden de 3 ó 4 metros, puesto que la erosión fluvial se considera del mismo calado que en el tramo de la motilla de La Máquina.

La motilla de La Albuera (no ubicada en aluvial) se localiza a 604-606 m s.n.m., justo donde sobresale el plano de calizas y exactamente donde se forma la laguna de igual nombre. Aquí ni siquiera es necesario excavar, salvo para profundizar algo y mejorar la afluencia del recurso. Podría, no obstante, en periodos secos de larga duración, descender algo más el



**Figura 12.** Recreación de la motilla del Azuer y cabañas ganaderas en entorno inundado (Benítez de Lugo y Mejías, 2014. Dibujo: Balawat).

**Figure 12.** Recreation of the Azuer "motilla" and cow sheds in a flooded environment (Benítez de Lugo and Mejías, 2014. Picture: Balawat).

nivel freático y en tal caso resultaría más trabajoso excavar la roca caliza.

En la motilla de Daimiel, localizada en el antiguo aluvial, esto es a unos 613-614 m s.n.m., es necesario excavar del orden de 10 m, de los cuales la mitad están sueltos por ser de origen aluvial, y el resto es de naturaleza margosa hasta alcanzar las calizas.

La motilla de la Vega Media se asienta a una cota de 620 m s.n.m. El techo de las calizas se encuentra a 14 m de profundidad, es decir, a cota 606 m s.n.m. Por tanto, si se excava un pozo, después de atravesar el aluvial (5-6 m), es necesario profundizar 8 m en las margas hasta alcanzar las calizas que asegurarían de nuevo el recurso hídrico.

Un ejemplo que confirma el buen conocimiento del territorio por parte de los habitantes del lugar durante la época de actividad de las motillas, y de sus conocimientos en relación a la posición de las calizas como almacén de recurso hídrico, es la motilla del Azuer (figura 11). Esta motilla se sitúa a cota 626 m s.n.m. y, por lo tanto, se necesita 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 excava-

ción se haría en las margas que se superponen a las calizas. Se supone que la finalidad de un pozo de tales dimensiones es la de alcanzar las calizas del Plioceno, pese a que no se ha comprobado por el momento.

En las recientes excavaciones arqueológicas realizadas hasta el año 2009 por el equipo de investigación de la Universidad de Granada se limpió y destapó, en seco, un pozo con escalinata en el interior de la motilla, hasta llegar a los 18 m de profundidad (figura 1). Al encontrarse su parte final cubierta por el agua subterránea, no se alcanzó el fondo del mismo, por lo que no se conoce con exactitud su profundidad. Según la columna litológica definida, las calizas pliocenas se ubican en ese punto a 2 o 3 m más abajo, por lo que el pozo tendría una profundidad final de unos 20-21 m.

## Conclusiones

El poblamiento de La Mancha en la Edad de Bronce tiene como una de sus principales características, en el caso de las motillas, asentarse en una planicie con recursos de fauna y flora abundantes, y un acceso aparentemente constante al agua subterránea mediante obras de captación.

La localización de las motillas se produce sobre las llanuras de inundación, donde la presencia de agua está asegurada incluso en periodos de sequía, al permanecer esta de forma subterránea en el aluvial o formaciones infrayacentes, y poder ser extraída mediante pozos de poco calado. Se considera que el objetivo último de los pozos previsiblemente existentes en las motillas es alcanzar el techo de las calizas del Plioceno, donde la observación y experiencia indicó a los pobladores prehistóricos de La Mancha que seguía habiendo agua almacenada en el acuífero carbonatado regional, incluso en las épocas de sequía más extrema durante las cuales habrían desaparecido las aguas superficiales.

La motilla del Azuer, en Daimiel, es un ejemplo único relacionado con la construcción de un pozo de notables dimensiones, ya que el resto de las motillas poseían mayores posibilidades de mantenerse en contacto con el agua al no tener que profundizar demasiado en busca de las calizas y, por tanto, no presentar con casi total probabilidad unas obras de captación tan importantes como la del pozo de la motilla del Azuer. El esfuerzo de profundizar más de 18 metros en margas y arcillas debió perseguir alcanzar el techo de las calizas pliocenas, que contienen agua en su interior, al constituir el acuífero regional de la zona.

El comienzo del evento climático a escala mundial denominado 4.2 ka cal BP y caracterizado por una aridez extrema (Benítez de Lugo, 2010 y 2011b; Benítez

de Lugo y Mejías, 2014), se produce de forma previa a la construcción de las motillas de la Mancha. Su finalización tiene lugar antes del abandono de estas estructuras. Por tanto, la *Cultura de las Motillas* puede ser la respuesta económica y social ante una contingencia climática que derivó en una crisis ambiental. Así, se potenciaron asentamientos como las motillas en respuesta a un periodo de aridez extrema, al menos a nivel de la Península Ibérica, mientras que se fomentó su abandono hacia otro tipo de asentamientos tras la finalización de este periodo, al que siguió un ascenso del nivel freático e incremento de los caudales de los ríos.

Momentos relativamente más húmedos, dentro de este periodo de aridez general o al final del mismo, pudieron dar lugar a la construcción de diques alrededor de las motillas para contener crecidas de las aguas en los cursos superficiales. Las murallas perimetrales de las motillas pueden ser interpretadas como fortificaciones dentro de un posible paradigma belicista, pero además con esta función de diques de contención en periodos determinados.

Las motillas pueden considerarse el más antiguo sistemas de aprovechamiento de las aguas subterráneas de la Península Ibérica, establecido a finales de los tiempos calcolíticos y durante la Edad del Bronce en La Mancha, a nivel regional. Estos puntos de provisión de agua -probablemente controlados desde algunos de los poblados en altura coetáneos de mayores dimensiones- fueron establecidos y organizados para asegurar un recurso básico de subsistencia como es el agua. Además, es probable que estas instalaciones prehistóricas, en un momento de creciente complejidad social, fueran puestas al servicio del abastecimiento de cabañas ganaderas (figura 12) y, quizás, del cultivo intensivo de ciertas especies vegetales alrededor de las motillas, en las feraces vegas del entorno. Las analíticas palinológicas y zooarqueológicas serán fundamentales para confirmar estos extremos. La existencia de enterramientos en el interior de las motillas, 135 difuntos detectados en el caso de la del Azuer, para un periodo de ocupación de aproximadamente 850 años, varios de ellos con vasos cerámicos y otros elementos de ajuar, incluidas piezas metálicas de cobre o plata (Nájera *et al.*, 2010), pone de manifiesto que las motillas no fueron meros pozos, sino lugares dotados de una fuerte carga simbólica cuyo significado social está pendiente de interpretación.

Sería de gran interés para ratificar los resultados de este estudio la realización, en un futuro próximo, de investigaciones encaminadas a reconocer el subsuelo en las inmediaciones de las motillas, con el fin de completar debidamente las columnas litológicas en la vertical de las motillas. De esta forma se podrían con-

firmar las hipótesis señaladas en cuanto al motivo de la ubicación y función de estas excepcionales construcciones prehistóricas, directamente relacionadas con la hidrogeología del lugar.

## Referencias

- Alonso-Gavilán, G., Armenteros, I., Carballeira, A., Huerta, P. y Rodríguez, J.M. 2004. *Cuencas cenozoicas del Macizo Ibérico*. En: *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.), SGE-IGME, Madrid, 581-586.
- Aranda, G., Fernández, S., Haro, M., Molina, F., Nájera, T. y 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.
- Benítez de Lugo, L. 2010. *Las motillas y el Bronce de La Mancha*. Anthropos, Valdepeñas.
- Benítez de Lugo, L. 2011a. Las motillas del Bronce de La Mancha: treinta años de investigación arqueológica. P. Bueno, A. Gilman, C. Martín y J. Sánchez-Palencia (eds.), *Arqueología, sociedad, territorio y paisaje. Estudios sobre Prehistoria Reciente, Protohistoria y transición al mundo romano en homenaje a M<sup>a</sup> Dolores Fernández Posse*, Bibliotheca Praehistorica Hispana XXVIII, CSIC: 141-162, Madrid.
- 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. 2011c. El legado cultural de La Mancha Húmeda (Alto Guadiana): selección de intervenciones para el estudio, protección y puesta en valor del patrimonio histórico. Prehistoria-Edad Contemporánea. *Tierra de Cultura*, Asociación "Los Académicos de Argamasilla": 63-79, Argamasilla de Alba.
- Benítez de Lugo Enrich, L., Mejías Moreno, 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).
- Benítez de Lugo, L. y Mejías M., 2014. *Los primeros poblados prehistóricos en el entorno de Daimiel. Las motillas de la Mancha*. En: *Las Tablas y los Ojos del Guadiana: agua, paisaje y gente*. Mejías, M. (ed.). IGME-OAPN, Madrid: 65-104.
- Benítez de Lugo Enrich, L. y Mejías Moreno, M., 2015. "La prehistórica Cultura de las Motillas: nuevas propuestas para un antiguo problema". *Veleia*, 32. E.p.
- CE, 2000. *Directiva 2000/60/EC del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*. Comisión Europea, Luxemburgo.
- CHG, 2011. *Base de Datos de las estaciones de seguimiento de las aguas subterráneas de la cuenca del Guadiana*.
- 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. Albacete.
- Fernández Posse, M.D., Gilman, A. y Martín, C. 1996. Consideraciones cronológicas sobre la Edad del Bronce en La Mancha, *Complutum Extra*, 6 (II): 111-137.
- 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, Madrid.
- Fernández Posse, M.D. y Martín, C. 2006. La Edad del Bronce, en J. Pereira (Coord.): *Prehistoria y Protohistoria de la Meseta Sur (Castilla-La Mancha)*, Añil: 105-124, Toledo.
- Galán, C. y Sánchez Meseguer, J. 1994. Santa María del Retamar. 1984-1994. VV.AA.: *Arqueología en Ciudad Real*: 87-110. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.
- Galán, C. y Sánchez Meseguer, J.L. 2007. *El Cerro de La Encantada*. Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava. Almagro (Ciudad Real).
- García Pérez, T. 1988. *La motilla de los Romeros (Alcázar de San Juan, Ciudad Real)*. I Congreso de Historia de Castilla-La Mancha III: 13-19. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Toledo.
- Gilman, A., Fernández Posse, M.D. y Martín, C. 2000-2001. Avance de un estudio del territorio del Bronce manchego, *Zephyrus*, 53-54: 311-322.
- ITGE, 1979. *Investigación hidrogeológica de la cuenca alta y media del Guadiana. Informe final (Sistema 19: Sierra de Altomira, Sistema 20: Mancha de Toledo, Sistema 22: Cuenca del río Bullaque, Sistema 23: Llanura Manchega, Sistema 24: Campo de Montiel)*. Plan Nacional de Investigación en Aguas Subterráneas (PNIAS). Instituto Tecnológico GeoMinero de España.
- 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 Sáez, J.A., Blanco González, A., López Merino, L., Ruiz Zapata, M.B., Dorado Valiño, M., Pérez Díaz, S., Valdeolillos Rodríguez, A. y Burjachs, F. 2009. Landscape and climatic changes during the end of the Late Prehistory in the Amblés Valley (Ávila, central Spain), from 1200 to 400 cal BC, *Quaternary International*, 200: 90-101.
- López Sáez, J.A., Alba Sánchez, F., Pérez Díaz, S. y Manzano Rodríguez, S. 2012. Paisaje holoceno de una gran urbe: la ciudad de Madrid, *Polen*, 20: 7-24.
- Martínez-Cortina, L., Mejías, M., Díaz, J.A., Morales, R. y Ruíz, J.M., 2011. Cuantificación de recursos hídricos subterráneos en la cuenca alta del Guadiana. Consideraciones respecto a las definiciones de recursos renovables y disponibles. *Boletín Geológico y Minero*. 122 (1): 17-36.
- Martínez Navarrete, M.I. 1988. *Morras, motillas y castillejos: ¿Unidad o pluralidad cultural durante la Edad del Bronce*

- de La Mancha. Homenaje a Samuel de los Santos: 81-92. Instituto de Estudios Albacetenses. Albacete.
- 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. Madrid.
- Medina, E., Tell, J.M., Lara, V. y Solar, J.B. 1976. *Mapa Geológico de España E. 1:50.000 (MAGNA). Hoja 761. Llanos del Caudillo*. IGME.
- Mejías, M. 2014. *El agua protagonista a través de los siglos*. En: *Las Tablas y los Ojos del Guadiana: agua, paisaje y gente*. Mejías, M. (ed.). IGME-OAPN, Madrid: 15-64.
- Mejías, M. y Martínez-Cortina, L. 2012. *Marco hidrogeológico general de la unidad Mancha Occidental y del entorno del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel*. En: Mediavilla, R., (ed.), 2012. *Las Tablas de Daimiel: agua y sedimentos*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, Serie Medio Ambiente N° 14, 39-58.
- 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.
- Nájera, T. 1984. *La Edad del Bronce en La Mancha Occidental*. Tesis doctoral. Universidad de 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: L. Hernández y M. Hernández (Eds.), *La Edad del Bronce en tierras levantinas y limítrofes*. Instituto de Cultura Juan Gil-Albert: 531-540, Villena.
- Nájera, T. y Molina, F. 2004b. *Las Motillas. Un modelo de asentamiento con fortificación central en la Llanura de La Mancha*. En: M.R. García y J. Morales (Eds.). *La Península Ibérica en el II milenio a.C.: Poblados y fortificaciones: 173-214*. Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca.
- 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: 35-48. Toledo.
- 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.
- Pérez González, A. 1981. *Neógeno y Cuaternario de la llanura manchega y sus relaciones con la cuenca del Tajo*. Tesis doctoral (ed.) Universidad Complutense, Madrid, 787 pp.
- Portero, J.M., Ramírez, J.I., Pérez, A., Gallardo, J., Ancochea, E., Leal, M.C., Aguilar, M.J. y Molina, E. 1988. *Mapa Geológico de España E. 1:50.000 (MAGNA). Hoja 760. Daimiel*. IGME.
- RuizTaboada, A. 1996. ¿Qué ha pasado con la Edad del Bronce de La Mancha?, *Zephyrus*, 49: 211-224.

Recibido: marzo 2014

Revisado: mayo 2014

Aceptado: junio 2014

Publicado: diciembre 2014