



IGME

738

20-29

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

VILLARTA DE SAN JUAN

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

VILLARTA DE SAN JUAN

Segunda serie - Primera edición

CENTRO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

HAN INTERVENIDO

Cartografía:	E. Piles Mateo (CGS) y A. Pérez González (IGME).
Geomorfología:	J. M. Portero y E. Piles Mateo (CGS).
Edafología:	J. Gallardo Díaz (CSIC).
Petrografía:	M. J. Aguilar Tomás (CGS).
Micropaleontología:	M. C. Leal Martín (CGS).
Micromorfología de suelos:	E. Molina Ballesteros (U. de Salamanca).
Sedimentología laboratorios:	Laboratorios de CGS y Dep. Estratigrafía. Madrid.
Memoria:	E. Piles Mateo.
Coordinación y dirección:	A. Pérez González (IGME) y J. M. Portero García (CGS).

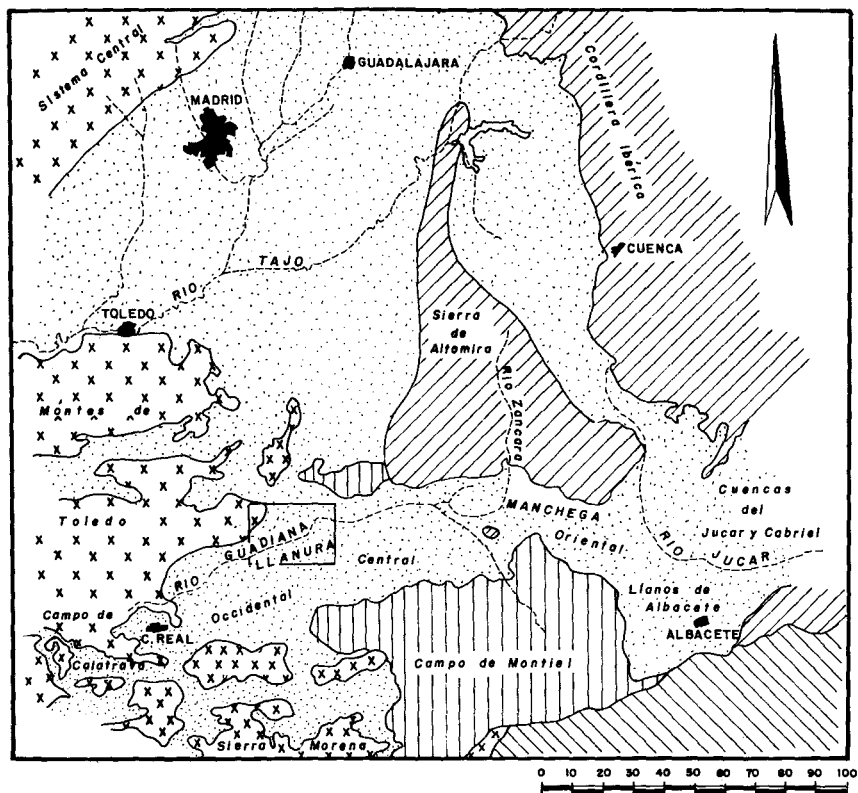
Fotocomposición: Ediciones y Promociones Molina, S.A.
Impresión: Master's Gráfico, S.A.
Depósito legal: M-37403-1988
NIPO: 232-88-005-7

INTRODUCCION

La Hoja de Villarta de San Juan se sitúa entre la depresión tectónica que configura la Llanura Manchega y la Cuenca de la Depresión del Tajo, al Sur y Norte respectivamente. En su parte Oriental se localizan las estribaciones de la Sierra de Altomira, si bien los últimos afloramientos de ésta, quedan fuera de la hoja. En su borde Occidental, son los materiales paleozoicos de los últimos afloramientos de los Montes de Toledo los que la limitan. Queda, por tanto, *la hoja localizada* en una especie de pasillo o corredor (Ver Fig. 1), que separa dominios de muy distinta edad y naturaleza, concretamente en el área denominada «Llanura Manchega central» (PEREZ GONZALEZ, 1981).

Consecuencia de las zonas que la limitan, son las diferencias de altura y paisaje existentes, pues de las cotas casi continuas de 630 a 650 m, que configuran la topografía y el paisaje clásico de la Mancha, se pasa a elevaciones superiores a los 900 m, 926 m, del Cerro Tocón, formadas por las alineaciones paleozoicas de las estribaciones de los Montes de Toledo, que con dirección ENE-OSO atraviesan la hoja por el borde NO.

Cruzando la hoja con dirección aproximada NE-SO, discurre el cauce principal del área, el río Cigüela, que junto al Záncara en su confluencia con



HERCINICO



Precámbrico - Paleozoico

ALPINO



Mesozoico y Terciario de las Cadenas Intermedias



Mesozoico y Terciario de las Cordilleras Béticas

Areas de plataforma



Area de cobertura mesozoica poco o nada deformada



Area de cobertura terciaria poco o nada deformada

Figura 1. Situación del área estudiada dentro de la Submeseta Meridional. Esquema simplificado del de A. Pérez (1981).

el anterior, dan lugar a parte de la denominada «Llanura aluvial de San Juan». Gran parte del cauce de estos dos ríos se encuentra canalizado en la actualidad.

Dentro de los arroyos existentes, cabe destacar los de Valdehierro, Valdezarza y Revertedero, con nacimiento en las sierras Paleozoicas, desembocando en la margen derecha del cauce principal, río Cigüela. En la actualidad, la sequía casi continuada que padece la región, motiva la ausencia total de agua en todos los cauces. En la margen izquierda no existen ríos ni arroyos de cierta entidad que viertan agua en la actualidad, originándose numerosos sumideros y depresiones kársticas como resultado de la circulación de aguas de escorrentía en la superficie caliza que aflora en la mitad sur y oriental de la hoja.

Cómo núcleos de población destaca la localidad de Villarta de San Juan, que da nombre a la hoja, seguido de Puerto Lápice, Arenas de San Juan, Las Labores y Cinco Casas por orden de importancia.

Presenta la zona una red de comunicaciones bastante densa, resaltando la carretera Nacional n.º IV de Madrid a Andalucía, que atraviesa la hoja de N a S y que pasa por las localidades de Puerto Lápice y Villarta de San Juan, la carretera a Ciudad Real y una serie de carreteras locales y comarcales. Una extensa red de caminos, consecuencia de la intensa explotación agraria de la zona, completa la red viaria de la hoja. Por el borde oriental, con dirección N-S, se encuentra la vía férrea de Madrid-Andalucía.

La región carece de una infraestructura industrial de cierta entidad, limitándose en cualquier caso a cooperativas y asociaciones vinícolas como resultado de la tradicional y extensa explotación de viñedos.

En los últimos años se ha venido realizando una amplia explotación de las reservas hídricas subterráneas, para la transformación de amplias zonas de la región en regadío, encontrándose en la actualidad junto a los tradicionales campos de viñedos extensas áreas de maizales, zanahorias, etc.

A nivel cronoestratigráfico la hoja es muy pobre en cuanto a formaciones aflorantes, ya que si bien hay representación de materiales paleozoicos, entre estos y los siguientes depósitos, existe un amplio hiato, a nivel de exposición superficial, ya que existen pruebas, tanto por datos de hojas limítrofes, como de sondeos locales, de la presencia de depósitos de Paleozoico Medio y Superior, Mesozoico y Terciario.

Dentro del paleozoico, se ha reconocido en campo la presencia del Ordovícico Inferior (Tremadoc-Arenig), no siendo hasta las margas y arcillas del Plioceno Superior, donde se tiene un nuevo registro cronoestratigráfico, momento a partir del cual se producen una serie de procesos de aplanamiento

regional con formación de amplias superficies de erosión y erosión-depósito, precedentes a la instauración de la red fluvial.

1. ESTRATIGRAFIA

Como ya hemos indicado anteriormente, los primeros materiales aflorantes en la hoja de Villarta de San Juan, pertenecen al Paleozoico inferior, Ordovícico, en sus pisos más bajos. Le siguen depósitos del Plioceno superior continental, arcillas y margas como tramo inferior y uno superior fundamentalmente carbonatado con intercalaciones de areniscas, conglomerados, arenas y margas de carácter lenticular. Sobre estos se generan dos superficies de erosión-depósito, separadas en el tiempo y el espacio, denominadas S_1 y S_2 por MOLINA (1975), fosilizadas por costras laminadas y bandeadas. A estas se añaden por último depósitos pleistocenos-holocenos en forma de abanicos aluviales, conos de deyección, zonas endorreicas con formación de evaporitas, etc.

1.1. ORDOVICICO

Los primeros trabajos de carácter regional fueron realizados por VERNE-VIL y BARRANDE (1856) y PRADO (1856) entre otros, que definieron por vez primera la existencia del Ordovícico, aunque de un modo muy general, sin definir pisos ni establecer una estratigrafía del mismo. Fué a partir de los años 70, en que los trabajos de GIL CID (1970-71-72) y HAMMANN (74-76 y 83) establecen a partir de trilobites, una división y conocimiento de la serie ordovícica situada entre los Montes de Toledo y el Macizo de los Pedroches.

LOTZE (1956) fue el primero en estudiar la parte inferior del Ordovícico, concretamente la serie detrítica pelítica alternante de tonos rojizos muy característicos con frecuente icnofauna que se sitúa a muro de la típica cuarcita Armoricana, a la que denominó «capas intermedias», dada su posición entre las series inferiores y el Ordovícico. A estas capas les atribuyó una edad de Cámbrico superior, edad aceptada por numerosos autores, si bien algunos autores habían ya intuido una edad tremadociense para unos niveles similares en el Macizo Armoricano. LOTZE pensó en la existencia a techo y muro de esta formación de dos discordancias: una entre el Cámbrico Inferior y Medio y el Cámbrico Superior (Capas Intermedias) y otra entre las Cuarcitas Armoricanas y este nivel intermedio y a las cuales denominó Fase Toledánica e Ibérica respectivamente.

En 1970, BOUYX denominó a esta serie «intermedia» de marcado carácter detrítico, con el nombre de «niveau rouge». También es conocida en la bibliografía regional como «formación de base» o «lie de vin», TAMAIN (1964-72) le dió el nombre de «serie púrpura», etc. Como se ve recibe diversos nombres haciendo siempre referencia bien a su posición estratigráfica, bien a sus características, muy particulares, lo que permiten una fácil correlación entre las distintas áreas o zonas en estudio.

Su potencia es variable, pudiendo alcanzar en su valor máximo los 1.000 m, hasta desaparecer por completo, descansando la «cuarcita Armoricana» directamente sobre los niveles inferiores, cámbricos o precámbricos. Esta variación de potencia se constata en diversos lugares del Macizo Ibérico, así en el Valle de Alcudía, se alcanzan los valores máximos citados anteriormente, en la Sierra de San Pedro, al S de Cáceres, BOCHMAN cita 1.000 m, que pasan a 300 m, al Oeste y MORENO *et al* (1976) da un valor de 500 m en el corte del río Estena. Este carácter es lo que ha motivado el que algunos autores pensaran en la existencia de una discordancia entre la «cuarcita Armoricana», y la «serie roja» o «Capas intermedias», si bien cuando la serie es completa existe una concordancia total entre ambas formaciones.

La ausencia casi generalizada de fauna en la «serie roja» y la «cuarcita Armoricana», salvo el ejemplar de *Lingulella s.p.*, encontrado en la sierra de Mestanza (Ciudad Real) por BOUYX (1970), obliga a determinar su datación a partir de la asociación de icnofauna presente, por otra parte muy abundante.

1.1.1. Areniscas, cuarcitas, pizarras y conglomerados (1). Cuarcitas y pizarras (2). Serie intermedia o púrpura. Tremadociense-Arenigiense

Los primeros niveles aflorantes lo forman un conjunto de pizarras, areniscas y conglomerados, que sólo se han localizado en una pequeña banda, limitada a muro por una fractura que las pone en contacto con la «cuarcita Armoricana» en un afloramiento situado al SO de la «Casa del Cerrillo Lobero».

Las malas condiciones de exposición: recubrimientos, alteración, etc., así como lo exiguo del afloramiento, no permite un reconocimiento de la serie en detalle, pudiendo sólo indicar el carácter lentejónar y la presencia de canales rellenos por los conglomerados. La serie filítica intercalada presenta una esquistosidad de fractura que permite determinar una polaridad tectónica normal.

Los niveles detríticos más gruesos, areniscas, cuarcitas y conglomerados, presentan en algunos casos un alto contenido en fragmentos de roca, llegando hasta un 55 %. Como accesorios principales óxidos de hierro, mica blanca y clorita, con un cemento silíceo y una matriz clorítica.

La potencia máxima visible oscila en unos 80 a 90 m.

Esta serie pasa a techo a la típica «serie púrpura», «lie de vin» o «capas intermedias» según las distintas denominaciones. Se trata de un conjunto de bancos de cuarcitas y areniscas rojas en alteración con intercalaciones filiticas, difíciles de observar por las razones expuestas anteriormente: malos afloramientos, recubrimientos, etc.

El mejor afloramiento de este tramo se encuentra en la pequeña pista que partiendo de la Carretera de Puerto Lápice a Herencia, sube al repetidor, situado en la elevación denominada Risco, la cual corta unos 200 m, de serie. En general, se trata de una serie detrítica fina a muy fina con niveles pelíticos intercalados, destacando la fuerte coloración rojiza en superficie, ya que al corte aparecen niveles de tonos grises a verdosos. Sólo se ha podido reconocer la presencia de pequeños *ripples* asimétricos a techo de alguna capa y la de una huella poligonal a techo de una arenisca muy fina, microlaminada, que pensamos corresponde a una huella de desecación.

Es muy frecuente la presencia de icnofauna, no siendo raro encontrar entre los derrubios restos de *Cruziana*, no así «in situ», pues pese a los intentos en los muros de las capas, no se ha logrado encontrar ninguna. Por el contrario es muy frecuente la presencia «in situ» de *Skolithos* y *Daedalus*, los cuales dan en ocasiones un aspecto abotonado en el techo de la capa muy espectacular, llegando en ocasiones a estar totalmente bioturbado el estrato.

La composición mineralógica es similar a la serie inferior anteriormente descrita.

La ausencia de cortes en la zona no permite un análisis detallado de estas series, pero de las informaciones proporcionadas por otros autores, la asociación de icnofauna y los escasos datos puntuales observados, nos permiten indicar que son depósitos de plataforma somera en zonas mareales o intermareales con desarrollo de barras y canales.

Existe por tanto una serie de características muy marcadas, como son: tonos rojizos de la serie, carácter detrítico, más grueso a muro, alternancia de niveles pelíticos y areniscosos o cuarcíticos, presencia de icnofauna, etc., que nos permite correlacionar la serie descrita con otras de los Montes de Toledo y datarlas como un Tremadoc-Arenig.

La presencia indudable de pliegues no detectados, dados los condicio-

antes de la zona, no permite asegurar una determinada potencia de la serie, si bien ésta no será inferior a los 400-500 m.

1.1.2. **Cuarcitas (3). Cuarcita armoricana. Arenigiense**

Concordante con la serie anterior se sitúan las típicas barras de cuarcita ampliamente conocidas en la bibliografía regional como «Cuarcita Armoricana». Se trata de un potente tramo de cuarcitas, dentro del cual destacan, en esta zona, cuatro barras en bancos de más de un metro de potencia, originando las cotas más elevadas de la zona y los resaltes típicos, como son Cerro de Risco, Tacón y Sierra de la Solana, con los cerros de Navajo y Frontón.

En nuestra zona en concreto aparecen cuatro de estas barras, única variación existente en esta formación respecto a otras áreas, ya que pueden ser dos o tres.

Pese a la espectacularidad que presentan frente a la gran planicie de la Llanura Manchega, el grado tan alto de recristalización que tienen, borra todo tipo de estructura deposicional, dificultando las observaciones puntuales, siendo en muchos casos problemática la determinación de la So.

Se trata de unas cuarcitas muy compactas en bancos muy densos, a veces como hemos indicado superiores al metro de potencia, de tonos claros, pudiendo variar estos desde blanco a rosas, pasando por los más típicos de gris a gris azulado. A veces se reconocen laminaciones cruzadas de gran ángulo. No se ha detectado la presencia de Icnofauna típica de esta formación, ni se han encontrado intercalaciones pelíticas entre los niveles cuarcíticos.

Mineralógicamente se trata de areniscas con un alto contenido en cuarzo, algo de mica blanca con circón y turmalina como accesorios más frecuentes. Presentan intensos procesos de presión-disolución, presencia en algunas láminas de estilolitos, con una fuerte recristalización y cemento silíceo.

Por todos los caracteres descritos, su posición espacial y sus caracteres texturales a nivel de afloramiento, permite determinar una edad arenigiense en sus facies de «Cuarcita Armoricana», si bien el límite entre éstas y la serie inferior, serie roja, es interdigitado, ya que el paso es paulatino, pues existen niveles cuarcíticos con los caracteres de la serie inferior en las primeras capas cuarcíticas con facies Armoricana, no pudiendo definir el límite entre ambos pisos y sus facies correspondientes.

Al no existir materiales superiores en continuidad deposicional aflorantes en la zona que limiten a techo esta formación, no podemos hablar de potencias, pero por la cartografía resultante ha de pensarse en potencias superiores a los 100 m.

Ya hemos indicado la ausencia de niveles superiores aflorantes en la hoja hasta los primeros depósitos correspondientes al Plioceno Superior, si bien por datos de geofísica y sondeos mecánicos realizados en todo el área, se reconoce la presencia bajo los sedimentos terciarios de pisos paleozoicos superiores, del Triás y Jurásico.

1.2. Terciario

CORTAZAR (1880), ALVARADO *et al* (1931-32) y H. PACHECO, F. (1932) fueron los primeros en realizar un estudio del terciario de la región en la cual se inserta la presente hoja, concretamente en la zona de Ciudad Real, coincidiendo todos ellos en los datos obtenidos: unos 60 a 70 m, de potencia total para el terciario, constituido por un conjunto de arcillas margosas y arenas en la base y un nivel de 6 a 7 m, de caliza a techo.

Es en los años setenta con los trabajos de MOLINA *et al* (1972) y MOLINA (1974-75), al oeste de Ciudad Real cuando se empiezan a tener datos más precisos de los eventos terciarios, como es la determinación de la presencia de un nivel de brechas de cuarcitas con cemento ferruginoso, adosado en clara discordancia angular y erosiva sobre las formaciones paleozoicas, de edad pre-mioceno medio probable, nivel fosilizado por depósitos vallesien-ses-ruscinenses, entre los que se localiza otra nueva discordancia angular.

En áreas más próximas a la estudiada por nosotros, concretamente en la zona occidental de la Llanura Manchega, entre las localidades de Ciudad Real, Villarta de San Juan, Manzanares, hemos de citar una serie de trabajos que han contribuido a un mejor conocimiento de esta cuenca terciaria. En primer lugar tenemos la realización de las hojas geológicas a escala 1:50.000 editadas por el IGME, en su 1.^a serie, siguientes: Villarta de San Juan por MESEGUER (1953), Manzanares por PACHECO, H. (1935), Daimiel por ALVARADO y PACHECO, H. (1934), Almagro por FERNANDEZ y ALVARADO (1935) y Llanos del Caudillo por BALMASEDA *et al* (1976); esta última en la 2.^a edición correspondiente al Plan MAGNA, en la cual, estos autores diferencian las «rañas» de las calizas lacustres, a las que atribuyen una edad pontiense.

Merece destacar la recopilación de datos de sondeos realizada por SANZ (1946), el trabajo del SGOP (1970) de síntesis del subsuelo, así como el Proyecto de Investigación Hidrogeológica de la Cuenca Alta y Media del Guadiana, realizado en 1975 por las Compañías CGS e INTECSA. En 1976, NIÑEROLA *et al* indican la existencia de un surco relleno por materiales miocenos en el borde N. de la Llanura Manchega Occidental.

Es sin duda el trabajo de PEREZ GONZALEZ, A. (1981) el que mayor número de datos ha aportado para el conocimiento de la estratigrafía, paleontología, evolución sedimentaria, tectónica y morfología del Terciario y Cuaternario de la Llanura Manchega en general, razón que justifica la continua y reiterada cita de este autor en todos y cada uno de los capítulos y apartados siguientes.

1.2.1. Margas y arcillas (4), calizas, calizas margosas, areniscas (5). Plioceno superior

Antes de realizar una descripción y análisis de las unidades terciarias cartografiadas, hemos de hacer unas consideraciones generales, con el fin de no ser reiterativos a lo largo de esta memoria. Ya es conocido y se ha indicado anteriormente el carácter morfológico de la Llanura Manchega, unidades tabulares prácticamente, escasa incisión de los lechos de los ríos y arroyos, amplios recubrimientos tanto cuaternarios como producto de la erosión humana, resultando del secular cultivo de viñedos de la región, etc. Consecuencia de todo lo expuesto es una topografía llana con la casi nula formación de escarpes o cortes naturales, que permitan una observación de las características de las unidades y formaciones, con lo que los puntos de observación son escasos. Sólo pequeños taludes artificiales producidos por los trazados de carreteras, generan escarpes de escasa entidad, 2 a 3 m, de altura como máximo y unos 50 m, en su extensión. Se ha recurrido por tanto a un tipo de información, llamémosla «indirecta», como son el estudio y análisis de sondeos, atendiendo especialmente a los de rotación y la información bibliográfica, tanto de zonas limítrofes, como regional.

Extendiéndose a pie de las sierras del NO. de la hoja, en la margen derecha del río Cigüela, aparece un conjunto de margas, arcillas y margas arenosas localmente con yesos, que constituyen la «Unidad Inferior», cartografiada con la número 4. En el resto de la hoja no se ha reconocido su existencia por estar cubierta por la «Unidad Superior» caliza y la costra caliza.

Se trata, según HOYOS *et al* (1984) de depósitos continentales originados en «un medio fluvio-lacustre a lagunar de bordes difusos y encharcados», siendo frecuentes los cambios de facies tanto en la vertical como lateralmente.

En el Km., 6 de la Carretera de Herencia a Villarta de San Juan, hay un pequeño corte en el cual se reconoce de muro a techo la siguiente serie:

- 1 m, visible de arcillas con nódulos de yeso.
- 10 cm, de arcillas rojas.

5 cm, de caliza.
20 cm, de arcillas rojas y verdes.
15 cm, de caliza compacta recristalizada.
5 cm, de arcillas verdes.
5 cm, de margas blancas.
50 cm, visibles de arenas con un nivel de 20-25 cm, de arenisca color amarillento.

Son frecuentes los cambios laterales de facies, sobre todo de los niveles calizos y areniscosos intercalados.

Se reconoce fácilmente en campo por los tonos claros que presenta: rosas, amarillentos, blancuzcos y asalmonados.

Esta unidad pasa a una formación fundamentalmente carbonatada, junto con margas, arenas, areniscas y conglomerados, formación 5. Los tramos detríticos gruesos, sobre todo areniscas y conglomerados, en menor proporción.

Alcanza su mayor desarrollo en la margen izquierda del río Cigüela, reconociéndose debajo de la costra caliza S_2 en todo tipo de depresión, fluvial o kárstica.

Al Norte del río Cigüela, se presenta frecuentemente como culminación de pequeños cerros y siempre con pequeña potencia, que como hemos indicado aumenta hacia el Sur, zona en la que aparecen los mejores afloramientos.

Estas calizas de facies lagunar-lacustre, expansivas respecto a las margas y arcillas inferiores, presentan texturas muy variables de un punto a otro. En efecto, en la mesa generada por el carácter tabular de esta formación, denominada Cerro Mesa, en el borde septentrional de la hoja, presenta un aspecto cavernoso ruiniforme, micrítica con fractura concoidea, de color beige claro y abundante fauna, entre la que se reconocen gasterópodos y bivalvos, de grano muy fino. Unos 300-400 m, más lejos, aparecen calizas de aspecto terroso, otras veces con superficies muy lisas, micríticas y muy compactas, con colores grises y pardos, con superficies de estratificación irregulares.

Son frecuentes los relieves residuales de estas calizas en la llanura aluvial de S. Juan, destacando a modo de cerros, totalmente alomados, con contornos casi circulares en alguno de ellos.

En todos los análisis petrológicos de las calizas, se pone de manifiesto el carácter micrítico de las mismas, con valores que van del 75 % al 99 %. El contenido en cuarzo es en general bajo, siendo la mayoría del orden del 5 %, cuando está presente. Como accesorios óxidos de hierro, en pocas zonas y la fracción limo y arena es del 5 %.

Son frecuentes los cambios laterales de facies y la presencia de lentejones de areniscas, arenas y conglomerados.

En una cantera situada en el camino que va del Caserío La Peñuela al cerro de Calahorra (644 m) se tiene un corte unos 5 m, de exposición de unas arenas de color amarillento con estratificación cruzada, cuyo análisis granulométrico indica se trata de una arena de grano grueso a medio, con un contenido del 95 % de cuarzo y un 5 % de feldespatos, como minerales pesados, en proporción de trazas, predomina la turmalina con porcentajes muy elevados frente al 13 % de la estaulolita. Se tomaron una serie de medidas de paleocorrientes cuyos valores son: N-35°, N-340°, N-350°, N-70°.

Estos valores tan escasos en cuanto a número y lo local de su posición no son definitorios para ningún tipo de análisis, pero indican una cierta tendencia direccional de las corrientes hacia el N. En la cantera existente a la salida de Villarta de San Juan, en el camino paralelo al curso del río Cigüela, se localiza un amplio afloramiento de una cantera de estos materiales, recubierto por un campo de dunas, donde se puede observar también una tendencia hacia el N. de la dirección de paleocorrientes, coincidentes con los datos anteriores.

No se ha visto ningún afloramiento «in situ» de las areniscas y microconglomerados citados anteriormente, pero asociados al afloramiento de arenas descrito en primer lugar, y en zonas puntuales se han encontrado restos de unas areniscas y microconglomerados, cuarcíticos fundamentalmente. La ausencia de afloramientos no permite, como es lógico la determinación de la forma de los cuerpos sedimentarios ni sus caracteres sedimentológicos, aunque es lógico pensar corresponden a rellenos de canal de cursos que desembocaran y discurrieran en la laguna en que se generaban los depósitos calizos y margo arcillosos.

Los análisis petrológicos de las areniscas indican un contenido en cuarzo del 55 al 40 %, con un contenido en fragmentos de caliza de un 10 a un 20 %, así como un 5 a un 15 % de feldespato potásico, y fragmentos de rocas metamórficas. Como accesorios turmalina y cemento calizo.

Todos los intentos encaminados a la determinación de la edad de estas formaciones terciarias han sido estériles, ya que la fauna encontrada en las calizas a través de las láminas delgadas, no es resolutive, pues se trata en todos los casos de fragmentos de moluscos, oogonios de caráceas, clorofíceas, cianofíceas, etc., indicadores únicamente de un medio lacustre de sedimentación. Es a partir de los datos obtenidos en los yacimientos de las Higueuelas y de Valverde de Calatrava II, situados en la Hoja 1:50.000 de Ciudad Real, donde se ha datado como Plioceno superior (Villafraquiense inferior y

medio basal). Remitimos al lector a la hoja de Ciudad Real 2.^a Serie del MAGNA realizada por CGS (en prensa), donde se hace un análisis pormenorizado de la fauna y criterios de datación de esta formación, así como una completa referencia bibliográfica del tema.

1.3. PLIOCUATERNARIO Y CUATERNARIO. FORMACIONES SUPERFICIALES

Dos son los autores que más datos han aportado sobre el conocimiento de la evolución y formación de depósitos superficiales durante el Pliocuaternario y Cuaternario. Nos referimos, por un lado a los trabajos de MOLINA, E. iniciados en 1974 y 1975, en los Campos de Calatrava y la Llanura Manchega occidental, donde definió la existencia de dos superficies de erosión con posterior formación y depósito de una costra caliza, separadas en el espacio y en el tiempo, una superior que denomina S_1 y otra a cotas más bajas, superficie inferior S_2 . Estas superficies de edad Plioceno superior y Plio-Pleistoceno se sitúan, según este autor, antes y después de los depósitos de «Raña».

El otro autor al que hemos hecho referencia es PEREZ GONZALEZ, A. (1981), frecuentemente citado y cuyos trabajos son básicos para la comprensión de la evolución y procesos acaecidos durante el cuaternario en toda la Llanura Manchega.

1.3.1. **Costras calcáreas S_1 - S_2 (6 y 7) Plioceno superior. Plioceno superior-Pleistoceno inferior**

A partir de la margen izquierda del río Cigüela hacia el Sur, se extiende una amplia llanura constituida por unas calizas laminares que fosilizan una superficie de erosión y que se extiende hacia las hojas de Llanos del Caudillo, Daimiel, la Alameda de Cervera y Manzanares, que corresponde a la superficie fundamental de la Llanura Manchega o Superficie S_2 de Molina, E.

Por el contrario al Norte de este río, esta superficie de erosión-depósito queda reducida a pequeñas superficies planas que coronan la serie de cerros y pequeñas elevaciones existentes, producto de la erosión de los arroyos que tienen su nacimiento en Sierra Solana, que si bien de escaso y esporádico caudal, presentan un mayor índice de erosión hacia los materiales situados a pie de sus laderas.

En la carretera de Las Labores, desde Puerto Lápice a la altura del Km, 11,500, hay un talud de escasa entidad, pero en el cual se ve una superficie de erosión sobre la cual se sitúa una costra acintada de unos 60 cm, de potencia sobre la que se asienta un suelo de 25 a 30 cm, de potencia.

Este nivel calizo presenta en su base un nivel pulverulento margoso blanquecino.

La intensa disgregación mecánica artificial a que han estado y están siendo sometida estas calizas, como lo prueba la acumulación típica de restos de esta costra en conos que alcanzan más de 10 m, de altura impide su observación «in situ», pues han desaparecido casi totalmente. Son típicas estas acumulaciones hacia el SE. de la Hoja, generando unas elevaciones que destacan netamente de los amplios horizontes manchegos.

Un análisis petrológico de esta costra, indica que se trata de calizas micríticas con una estructura laminar acintada, con frecuencia ondulada y con zonas esparíticas resultado de acción algácea y edáfica, con un contenido del 10 al 15 % en cuarzo y un 5 % en limos.

Esta superficie de erosión-depósito se sitúa en cotas comprendidas entre 630-640 m, con una suave vergencia hacia el N.

A pie de la Sierra de la Solana, y fosilizada por los derrubios de ésta, se encuentran restos de una superficie de las mismas características de las descritas situadas a una cota algo superior, por encima de los 650 m y que atribuimos a la superficie superior Manchega o superficie S, de MOLINA, E., sobre las que se desarrollan costras calizas más espesas, también laminares y multiacintadas correlacionables con los depósitos del glacis con costra laminar bandeada de PEREZ GONZALEZ (1979, 1981), de edad Plioceno superior.

1.3.2. Gravas y cantos poligénicos de cuarcita y cuarzo, arenas y limos arcillosos (8). Abanicos aluviales. Pleistoceno

Bajo esta denominación incluimos unos materiales de clara procedencia en las sierras paleozoicas localizadas al NO de la hoja, las cuales como resultado de su denudación originan una acumulación de cantos de cuarcita junto a una matriz marga arcillosa arenosa con fuertes tonalidades rojizas, que con suave pendiente vienen a encajarse débilmente en los depósitos de la Llanura Manchega. Los cantos alcanzan un tamaño de hasta 10 cm, observándose una clara disminución en su tamaño, así como en su índice de redondeamiento, pasando de cantos angulosos a pie de las sierras a subangulares o subredondeados en las zonas más distales. Alcanza una extensión

de unos 40 Km² en nuestra zona, siendo motivo de explotación en la actualidad como áridos para la construcción de carreteras, en una gran cantera localizada a la salida de Puerto Lápice a la altura del Km., 261 de la Carretera a Ciudad Real.

Presentan perfiles edáficos complejos que pueden corresponder a varias fases de formación: A₁ A₂, B_t (5YR), B_c, IIB_t (2, 5YR), II Bg o A, B_t (2, 5YR), Bg.

Su edad se establece como Pleistoceno inferior a superior, debido a sus relaciones con la superficie S₂, en la que se encajan, por la existencia de varias fases y por el grado de evolución de los suelos.

1.3.3. Gravas y cantos poligénicos de cuarcita y cuarzo, arenas y limos arcillosos (10). Arenas y limo-arcillas con cantos poligénicos (13). Conos de deyección. Pleistoceno-Holoceno

Se han separado en cartografía dos tipos de conos, atendiendo a la composición de los materiales que los forman. Unos los íntimamente relacionados con las elevaciones cuarcíticas paleozoicas (10), y otros los situados en las desembocaduras de los escasos arroyos que discurren por la llanura y desembocan en el curso principal (13). Aunque en la hoja no se han observado cortes naturales, los abanicos más antiguos se relacionan lateralmente con depósitos coluviales con desarrollo de potentes suelos rojos evolucionados de edad Pleistoceno inferior-medio e incluso superior.

Los primeros están formados por la acumulación de gravas y cantos de cuarcita poco rodados, en una matriz de arenas y limos arcillosos de color rojizo, con clara morfología de conos. Son poco numerosos y de escaso desarrollo, teniendo todos ellos nacimiento en torrenteras de fuertes pendientes. El otro grupo se encuentra irregularmente repartido y lo que más destaca de él es la ausencia casi total de la morfología típica, ya que la desembocadura de los ríos genera una superficie completamente llana, no observándose el perfil transversal convexo típico de estos depósitos, siguiéndose criterios de interpretación aérea para su delimitación. De composición poligénica a base de cantos de todas las litologías existentes, aunque de cantos escasos y de pequeño tamaño en una matriz de limos y arcillas.

1.3.4. Gravas y cantos poligénicos, arenas y limos arcillosos (9), coluviones. Pleistoceno

Asociados a las laderas y escarpes generados por las pizarras y en mayor medida las cuarcitas del ordovícico, así como en los escasos escarpes forma-

dos por las llanuras aluviales y valles de los cursos de los ríos, se forman depósitos coluvionares de composición condicionada al área de procedencia similares a los descritos en el apartado anterior. El mayor desarrollo se alcanza en el NO. de la zona, rodeando tales depósitos, a veces por completo, al relieve responsable de su formación, siendo el resto acumulaciones alargadas de poca potencia y relieve escaso o casi nulo, consecuencia de la escasa incidencia en la vertical de la red hidrográfica. Suelen presentar un horizonte A de espesor decimétrico, formado por cantos cuarcíticos angulosos, un B₁ (de 20 a 100 cm) (2,5YR) de arcillas rojas sin gravas y un Ca de limos carbonatados duros a friables de 1 a 2 m de potencia. Por el grado de evolución del suelo rojo debe ser Pleistoceno inferior-medio.

1.3.5. Arenas, gravas de cantos poligénicos y limos (11). Llanura aluvial de San Juan. Playas secas (16) y húmedas (15). Pleistoceno superior-Holoceno

Como consecuencia de la poca profundidad de los cauces excavados por los ríos Záncara y Cigüela se originan con gran facilidad desbordamientos en épocas de lluvias, anegando amplias zonas con aguas cargadas en SO_4^{--} y Ca^{++} y en menor cantidad de Mg^{++} y Cl^- , que dan lugar a acumulaciones de fangos y evaporitas en épocas de estío, apareciendo en la cartografía con la denominación de playas.

La diferenciación entre playas secas y húmedas se basa en la variación de los niveles freáticos superficiales, que originan zonas con un mayor grado de humedad y caracteres texturales que permiten su diferenciación. Los límites entre ellas se han obtenido a partir de fotografías aéreas, pudiendo no coincidir con los límites actuales, al variar las condiciones hídricas del medio, como puede ser la variación de la profundidad del cauce de estos ríos, a que están sometidos por medios mecánicos.

Presentan un aspecto arenoso de color gris, desarrollándose una vegetación rala de junciales.

En el borde oriental de la hoja, el río Záncara genera una amplia planicie o llanura de inundación que constituye la terminación de la denominada «Llanura aluvial de San Juan». Tiene los mismos caracteres de las zonas anteriores, salvo que en este caso no existe un control químico del tipo de sedimento formado, sino que en un fondo fundamentalmente arenoso y limoso se encuentran esporádicos cantos poligénicos, fundamentalmente calizos. La industria lítica encontrada (PEREZ GONZALEZ, 1981) indica una edad Pleistoceno superior para los materiales de la Llanura aluvial de San Juan.

1.3.6. Bloques y cantos angulosos de cuarcita (12). Canchales. Holoceno

Adosados a la vertiente norte de la Sierra de la Solana se localizan unos depósitos típicos de las sierras cuarcíticas. Nos referimos a las acumulaciones de cantos angulosos de cuarcita sin matriz, que se adosan a las laderas con fuertes pendientes. Son los clásicos canchales fácilmente reconocibles tanto en campo como en foto aérea. En nuestra zona no alcanzan un gran desarrollo.

1.3.7. Limos y arcillas arenosas con cantos calizos dispersos (17). Gravas y cantos poligénicos de cuarcita y cuarzo, arenas y limo arcillas (18). Fondos de Valle y lecho de canales. Holoceno

Al igual que en el caso de los conos de deyección se han separado en cartografía dos tipos de fondos de valle y/o lechos de canal, atendiendo a la naturaleza de los materiales presentes en sus depósitos que marcan claramente el área de procedencia. Así, en la mitad Nor-occidental es mayoritaria la presencia de gravas de cantos de cuarcita con limos y arcillas arenosas, (18) en cartografía, con tonalidades rojizas, resultado de la presencia de las elevaciones paleozoicas y el abanico aluvial que se extiende a pie de éstas.

Por el contrario, en el resto de la zona, los materiales fundamentalmente calizos presentes, generan depósitos de limos y arcillas arenosas con cantos de caliza (17). En ambos casos, estos depósitos alcanzan poca extensión y potencia.

1.3.8. Arcillas y limos con cantos poligénicos (19). Depósitos en superficie de los fondos de dolina. Holoceno

En varias de las numerosas depresiones de origen kárstico que tapizan el relieve de la Llanura Manchega, se ha reconocido la presencia de materiales de fondo de dolina como resultado de la erosión de los bordes de los escarpes formados por estas depresiones, constituidos por un conjunto de arcillas y limos rojos con cantos poligénicos. Estos materiales constituyen un fondo plano o suavemente cóncavo.

1.3.9. Arenas bien clasificadas, arenas arcillo-limosas (20). Manto eólico y dunas

Intimamente ligados con los depósitos aluviales del záncara - Cigüela existen unas acumulaciones de arenas en forma de manto eólico y dunas, que

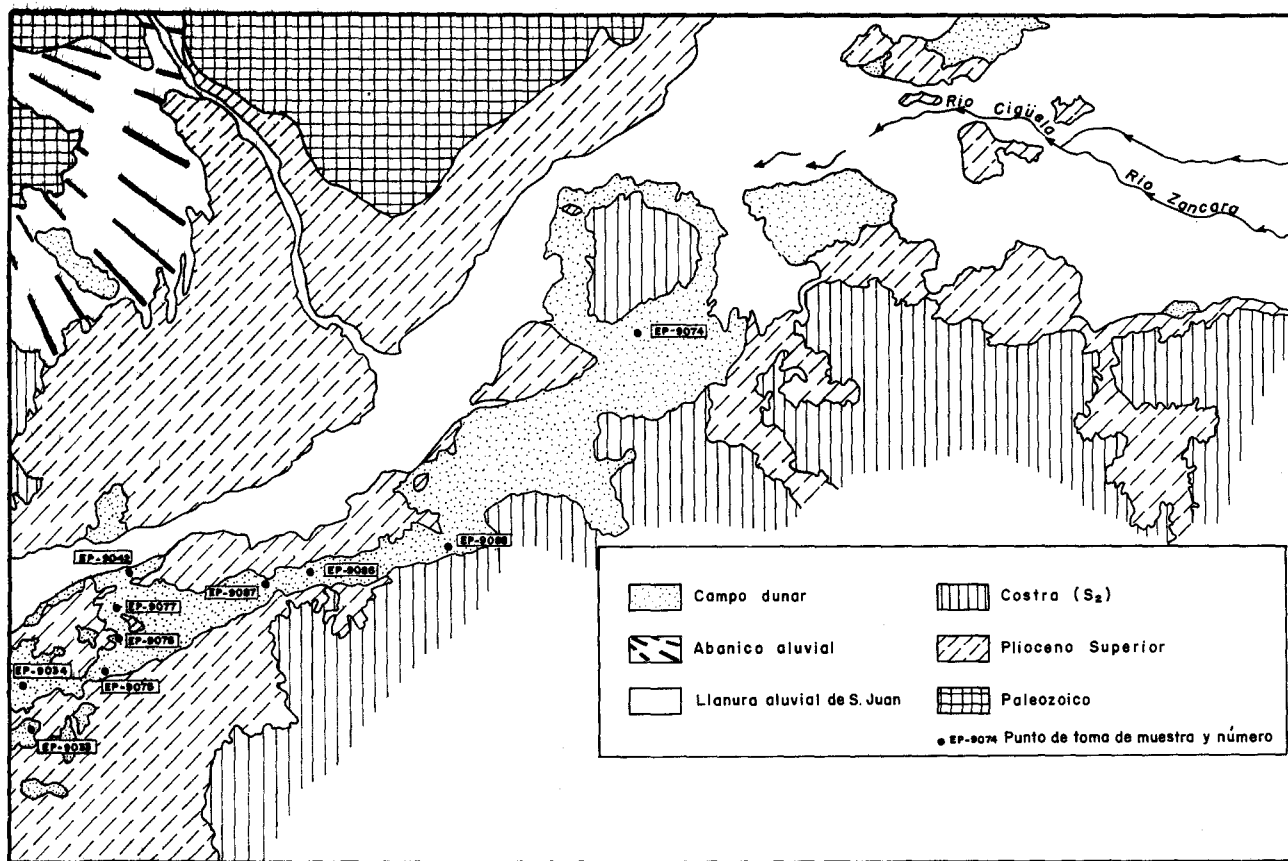


Figura 2. Esquema de distribución del campo de dunas de la "Llanura aluvial de San Juan" y distribución de muestras estudiadas.

fueron estudiadas por vez primera en la Mancha por PEREZ GONZALEZ, A. (1981). En el capítulo de geomorfología realizaremos un análisis más detallado de estos depósitos, describiendo en este apartado los resultados obtenidos del análisis de las muestras estudiadas, que en un número de diez, se localizan fundamentalmente en las zonas de Arenas de San Juan y Villarta de San Juan, localidades alejadas de las zonas estudiadas por este autor, con el fin de contrastar y ampliar su información. En la Figura 2 se refleja la localización y número de muestra estudiada.

Comparando los resultados obtenidos de los análisis granulométricos de las muestras, Cuadro I, y comparando éstos con los apartados por los autores PEREZ GONZALEZ, A. (1981) y PEREZ GONZALEZ, A. *et al* (1983), la mayoría de las muestras pertenecen a la «Facies B», definida como: «facies con porcentajes de arcilla y limo no superiores al 9 %, alcanzando los máximos en la fracción de arena media y fina.

Dos de las muestras estudiadas pueden englobarse en la «Facies A», si bien con límites muy ajustados, no llegando a alcanzar los altos valores de limos y arcillas de esta facies.

Mineralógicamente presentan un bajo contenido en minerales pesados, si bien la asociación turmalina-circón es mayoritaria con valores superiores al 75 %, junto a la estaurolitarutílo, hasta un 17 %. Como ligeros, el cuarzo es mayoritario, siguiéndole los carbonatos y feldespatos, entre otros. Ver Cuadro II.

Como regla los granos presentan un escaso redondeamiento, indicador de un corto transporte de estos depósitos, que junto a la composición mineralógica y los datos observados por PEREZ GONZALEZ, A., confirman un origen próximo, concretamente los depósitos aluviales presentes en la zona, así como los materiales Pliocenos, atribuyéndoseles una edad holocena, sobre todo a los localizados en las proximidades de la «Llanura aluvial de San Juan», aunque el proceso generador de estas acumulaciones así como su depósito siguieron actuando hasta la actualidad.

1.3.10. Geofísica y Sondeos

El intenso proceso a que está siendo sometida esta zona, cada vez más acentuado, de sustituir los campos de vides por cultivos de regadío, obliga a un mayor aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos con la consiguiente realización de pozos y sondeos, repartidos por todo el área, que hubieran sido de inestimable valor para el conocimiento estratigráfico de la región, dada la ausencia casi total de afloramientos y secciones en superficie.

CUADRO I

DISTRIBUCION Y AGRUPACION DE LOS TAMAÑOS DE GRANO DE MUESTRAS DE DUNAS

N.º muestra	Gravas 4 a 2 mm	Arena muy gruesa 1,682 a 1 mm	Arena gruesa 0,840 a 0,500 mm	Arena media 0,420 a 0,250 mm	Arena fina 0,210 a 0,125 mm	Arena muy fina 0,105 a 0,062 mm	Limos y arcillas < 0,062 m
9033	2,66	0,95	9,79	18,23	44,45	7,99	15,93
9034	—	0,02	3,91	28,23	60,99	3,90	2,95
9042	—	0,48	10,23	42,65	37,53	3,20	5,89
9074	0,25	0,47	4,66	14,61	64,25	7,15	8,61
9075	—	0,02	4,30	55,21	33,38	1,90	5,19
9076	0,30	1,00	16,26	35,88	33,75	4,90	8,91
9077	0,03	1,46	19,20	37,93	34,90	1,74	4,74
9086	7,66	2,29	4,86	17,55	34,72	8,74	24,18
9087	0,13	0,27	8,39	39,16	43,57	4,98	3,60
9088	0,59	0,57	5,38	29,47	50,20	4,80	8,99

CUADRO II

ANALISIS DE MINERALES PESADOS DE LAS DUNAS Y MANTO EOLICO DE
LA LLANURA ALUVIAL DE SAN JUAN

N.º muestra	PORCENTAJE DE MINERALES PESADOS					
	Turmalina	circón	Estauroлита	Rufilo	Granate	Otros
9033	45	42	2	3	2	6
9034	72	6	11	2	4	5
9042	76	2	12	1	3	6
9074	63	25	6	2	1	3
9075	73	3	15	2	1	2
9076	54	27	10	3	2	4
9077	72	8	8	4	2	6
9086	55	21	10	7	3	4
9087	62	16	10	5	2	5
9088	39	36	9	4	5	7

La escasa profundidad de gran parte de ellos, la falta de recuperación de testigo, así como un registro de datos poco fiables, limita su utilidad a un corto número, concretamente a aquellos realizados por rotación, más profundos que el resto y con recuperación de testigo que permite una mejor descripción de los tramos atravesados. En función de estos condicionantes se ha contado con los datos de cinco sondeos, cuyos datos resumidos y su interpretación se reflejan a continuación:

Sondeo 2013

- 0 - 14 m. Arcillas y calizas blancas.
- 14 - 73 m. Arcillas varioladas, calizas blancas yesos y areniscas.
- 73 - 304 m. Conglomerado de cuarcita blanca a ferruginosa, predominando esta última.
- 304 - 501 m. Arcillas gris, pardo y rojiza con intercalaciones de yeso.
- 501 - 526 m. Arenas de color blanco de grano grueso con intercalaciones de cuarcita.
- 526 - 566 m. Conglomerado de cuarcita con cemento silíceo.
- 566 - 720 m. Pizarras negras con intercalaciones de cuarcitas a muro.

Interpretación

- De 0 a 73 m. Plioceno sup. Unidad cartográfica n.º 4.
- De 73 a 304 m. Mioceno Terminal-Plioceno Inferior-Medio.
- De 304 a 566 m. Triásico.
- De 566 a 720 m. Silúrico.

Sondeo 4012

- 0 - 12 m. Arcilla blanca y yeso.
- 12 - 16 m. Arenas sueltas.
- 16 - 38 m. Arcilla roja con algún canto.
- 38 - 56 m. Caliza oquerosa.
- 56 - 197 m. Arcilla roja con muchos cantos.
- 197 - 219 m. Arcilla roja con yeso.
- 219 - 242 m. Arenisca conglomerática.
- 242 - 264 m. Conglomerado muy arcilloso.
- 264 - 267 m. Arenisca conglomerática.
- 267 - 301 m. Arcilla yesífera con algunos cantos.

Interpretación

- De 0 a 56 m. Plioceno superior. Unidad (4).
De 56 a 197 m. Mioceno Terminal, Plioceno Inferior-Medio.

Sondeo 5018

- 0 - 35 m. Arcillas, potente paquete de arenas, caliza blanquecina y arena
35 - 40 m. Caliza blanquecina.
40 - 60 m. Caliza y arena de grano medio.
60 - 111 m. Arcilla roja calcárea con pesadas de arenas blancas.
111 - 123 m. Arcilla rojiza con algún canto de cuarcita ferruginoso.
123 - 136 m. Arcillas plásticas rojizas con yeso y pasadas de arenisca a muro.
366 - 418 m. Conglomerados de cuarcita blanca a ferruginosa y margas varioladas.
418 - 686 m. Pizarras de color negro.

Interpretación

- De 0 a 111 m. Plioceno superior. Unidad (5).
De 111 a 123 m. ¿Mioceno Terminal a Plioceno Inferio-Medio?.
De 123 a 418 m. Triásico.
De 418 a 686 m. Silúrico.

Sondeo 7014

- 0 - 117 m. Caliza blanquecina.
117 - 182 m. Caliza y arcilla rojiza.
182 - 252 m. Arcillas y conglomerados de cantos de cuarcita de pequeño tamaño.
252 - 378 m. Calizas blanquecinas y arcillas gris oscuro.
378 - 615 m. Arcillas con yesos y conglomerados.
615 - 642 m. Pizarras.

Interpretación

- De 0 a 117 m. Plioceno superior. Unidad (5).
De 117 a 182 m. Plioceno superior. Unidades (4) y (5).
De 182 a 252 m. Mioceno Terminal, Plioceno Inferior-Medio.

De 252 a 378 m. Jurásico (¿Lias?).
De 378 a 615 m. Triásico.
De 615 a 642 m. Silúrico.

Sondeo 8002

0 - 19 m. Margas y limos, arenas con cantos de grava abundantes.
19 - 45 m. Margas y calizas.
45 - 70 m. Calizas.
70 - 88 m. Margas.
88 - 95 m. Caliza microcristalina.
95 - 122 m. Margas y gravilla.
122 - 125 m. Grava y arena gruesa de caliza.
125 - 130 m. Marga rosa.
130 - 136 m. Caliza blanca y rosa clara.
136 - 141 m. Arcilla rosa y arenas de cuarzo.

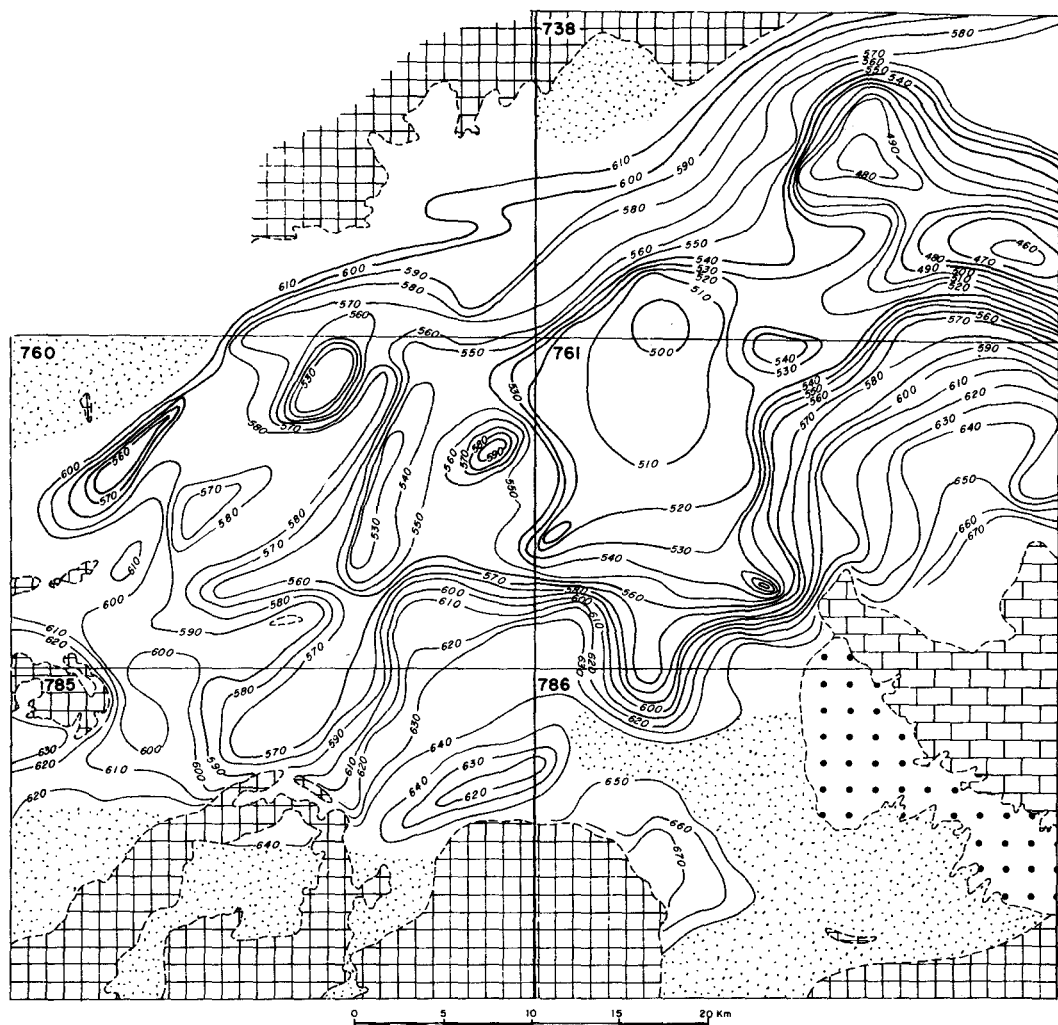
Interpretación

Toda la serie en Plioceno Superior. Unidad (5).

Dentro del Sistema 23 de la numeración nacional de los sistemas acuíferos, el IGME E IRYDA realizan el Proyecto denominado «Investigación geoelectrónica de la Llanura Manchega. Sistema 23», proyecto concedido y ejecutado por la Compañía General de Sondeos (CGS), en 1973.

Fruto de este proyecto fue la ejecución de 509 SEV con equidistancia de 2 Km., en un total de 31 perfiles, separados entre sí unos 5 Km, con la obtención de una serie de planos, de los cuales hemos utilizado los relativos a las isobatas del techo del zócalo resistivo paleozoico y el de isobatas del muro de la formación carbonatada pliocena, que figuran en la hoja cartográfica adjunta, así como un esquema a escala 1:400.000 tanto de la hoja presente y las limitrofes occidentales.

De la interpretación de los datos obtenidos a partir del mapa de isobatas del zócalo resistivo, se deduce la existencia de una cuenca, que con dirección ENE-OSO de eje mayor, se extiende a través de la hoja de Villarta de San Juan y se resuelve en una serie de depocentros en las hojas de Daimiel y Ciudad Real. De este mismo se ve que las zonas más profundas se localizan en la Hoja de Villarta y parte de la de Llanos del Caudillo al S. Se trata de una fosa asimétrica con marcado control estructural a través de un área de fracturación paralela a la dirección de la cuenca, es decir ENE-OSO. La inflexión que sufren las isobatas a la altura de Villarta de San Juan, junto a los datos estratigráficos aportados por los sondeos, junto a la observación de la foto



ISOBATAS DEL MURO DE LA FORMACION CARBONATADA PLIOCENA



Jurásico y Cretácico



Triásico



Paleozoico



Áreas sin sedimentos carbonatados pliocenos

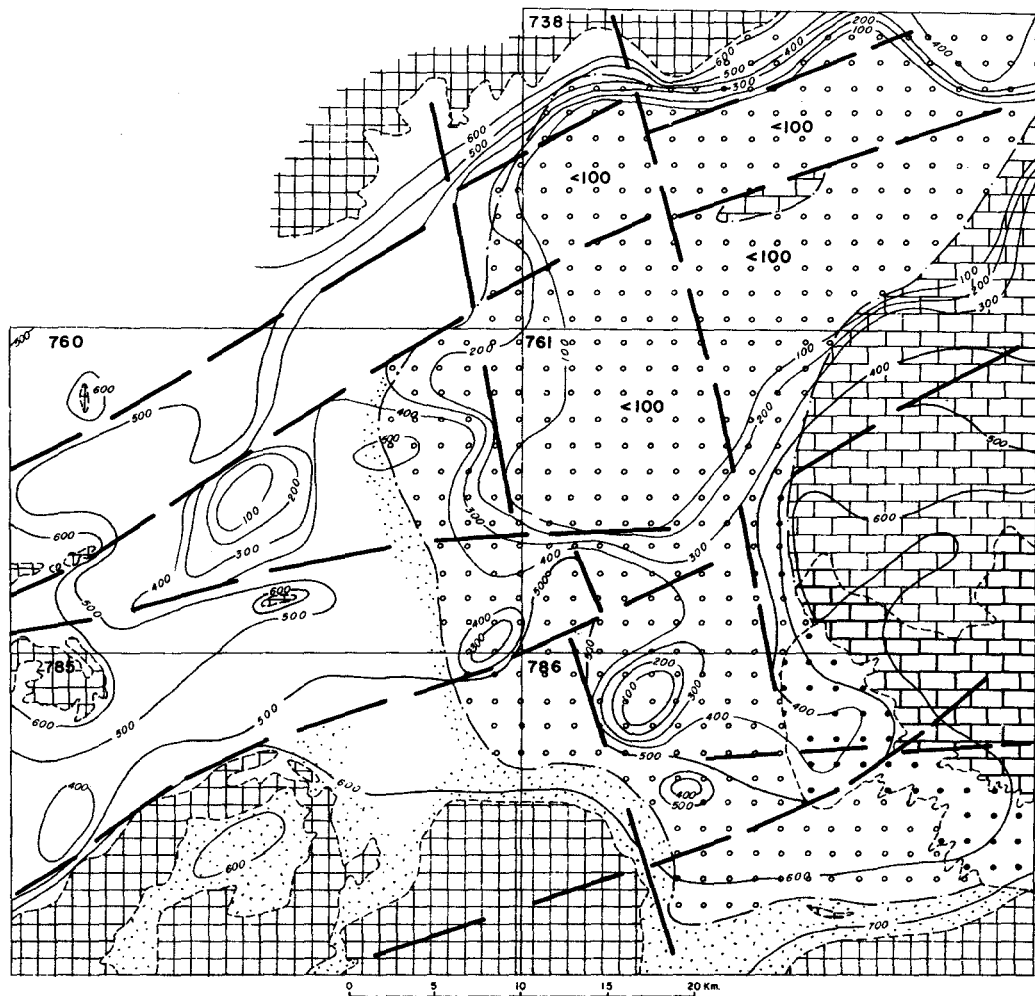
— 590 —

Isobatas referidas al nivel del mar

Límite entre afloramientos

760

Número de hoja topográfica



ISOBATAS DEL TECHO DEL ZOCALO PALEOZOICO

JURASICO Y CRETACICO



Afloramientos

Cubierto por materiales neógenos

TRIASICO



Afloramientos

Cubierto por materiales neógenos

PALEOZOICO



Afloramientos

Cubierto por materiales neógenos

— 600 — Isobatas referidas al nivel del mar

- - - Límite entre afloramientos

— — — Límite cubierto por materiales neógenos

— — — Fallas del zócalo

760

Número de hoja topográfica

satélite, nos induce a pensar en la existencia de una fractura, o cortejo de fracturas, con dirección casi ortogonal a las que configuran el borde N. de la cuenca, y que sería responsable de la inflexión de dichas isobatas, la incoherencia estructural de los afloramientos paleozoicos en el borde oeste de la hoja y configuración del «cañón» sobre el cual se origina el importante depósito de cantos de cuarcitas con margas arenosas que constituye el abanico aluvial que se extiende por toda la hoja y que ha sido detectado a partir de los sondeos realizados. En apartados posteriores se tratará de esta unidad, así como de su edad posible.

Junto a esta información se ha detectado la presencia de importantes «afloramientos» de calizas jurásicas y cretácicas así como del muro de las formaciones calizas pliocenas, de gran importancia para el conocimiento del comportamiento y recursos potenciales de aguas subterráneas.

2. TECTONICA

La falta casi completa de registro estratigráfico dificulta, sino imposibilita el análisis tectónico de la hoja, teniendo que utilizar la bibliografía e información de hojas colindantes.

Ya hemos visto que los primeros materiales aflorantes pertenecen al Ordovícico inferior, pero estos no presentan continuidad de estructuras; por un lado por lo exiguo de los afloramientos, por otro, por el grado de fracturación que compartimenta las alineaciones en bloques.

Estos materiales están afectados por las deformaciones hercínicas que en esta zona presenta direcciones E-O y ENE-OSO. Como en el resto del hercínico de los Montes de Toledo, no presenta metamorfismo, estando los sedimentos afectados, como máximo, de un anquimetamorfismo. Se produce, no obstante, una esquistosidad, no muy marcada y no reflejada en todos los tramos, que ha sido detectada en la serie inferior del Tremadoc. A partir de este punto de observación se ha podido establecer una polaridad tectónica normal, con deformaciones de plano axial subvertical. Resaltamos el carácter puntual de dicha observación, y por tanto el valor nulo de ésta para correlacionar o extraer cualquier tipo de conclusión, no sólo regional, sino local.

La única estructura de cierto desarrollo es la que se esboza en la Sierra de la Solana, que corresponde a un anticlinal del cual el flanco norte se encuentra fallado y recubierto por coluviones. La cresta de dicha sierra presenta el inicio de la charnela del pliegue, encontrándose el Tremadoc casi horizontal.

Todo el área se encuentra afectada por un sistema de fallas que podemos dividir en dos grupos: uno formado por fracturas con dirección NE-SO y NO-SE, que desplazan las formaciones pero sin alterar la continuidad de las «estructuras», mejor sería en este caso llamarlos alineamientos, y otro grupo

constituído por fracturas que altera las direcciones, generando una serie de bloques inconexos entre sí. Este último grupo podría ser el reflejo de deformaciones de mayor escala que se traducen en la formación de bloques. De los datos aportados por Geofísica, los sondeos y el estudio de alineaciones en foto satélite, así como la cuenca en que se han depositado los materiales terciarios, es fácil pensar en la existencia de una serie de fracturas de gran desarrollo, con direcciones ENE-OSO y NO-SE, de tipo distensivo la primera, que daría lugar a la «fosa» que constituye la actual cuenca del río Záncara-Cigüela.

En la ladera sureste del cerro Tacón, se presenta una banda de unos 200 metros de potencia y de 1.200 m visibles de longitud, completamente fracturada, sin llegar a constituir una milonita. Dicha fracturación o diaclasado confiere a la roca un aspecto característico del resto de los materiales que la limitan a techo y muro. Ha de corresponder por fuerza a un accidente tectónico importante, pues pone en contacto tramos altos de la Cuarcita Armoricana con la «serie púrpura» inferior, afectando dicha zona de fracturación a ambas formaciones, borrando la So. Es llamativa la ausencia de diques o filones de cuarzo tan comunes en estas series cuarcíticas fracturadas. No podemos indicar si se trata de un desgarre de dirección ENE o bien una fractura inversa de gran salto, téngase en cuenta las formaciones que ponen en contacto.

A escala regional se admite una serie de fases tectónicas alpinas, de las cuales las más importantes son la finioligocena y miocena inferior (Castellana y Neocastellana, responsables de las deformaciones mesozoicas, al menos en cuanto a la creación de las grandes estructuras del borde Sur de la Sierra de Altomira y en la Llanura Manchega Oriental.

PEREZ GONZALEZ, A. (1981) supone que la reactivación de antiguas fracturas de zócalo es la responsable de las deformaciones neógenas, así como la existencia de dos fases distensivas responsables de la formación, entre otras, de las cuencas o depocentros de Villarta, Daimiel y Ciudad Real, cuencas en las que se depositarían materiales del Mioceno terminal-Plioceno Inferior. El resto de la cuenca manchega se terminó de estructurar en la denominada Fase Iberomanchega 1, localizada en el límite Plioceno inferior-superior. Durante el Plioceno superior, tuvo lugar la Iberomanchega 2 de menor importancia, que precede a la génesis de la superficie de erosión-depósito S₁ de MOLINA, E.

A partir de este momento no se tienen datos firmes sobre la tectónica reciente responsable de la formación de las distintas superficies y depósitos plio-pleistocenos.

El reflejo de todos estos acontecimientos en nuestra área de trabajo es difícil de establecer y por tanto de corroborar, salvo las deformaciones de pequeña magnitud, alabeamientos muy laxos, observados en las formaciones pliocenas superiores, reflejo de la fase Iberomanchega 2, así como la superficie erosiva sobre la que se deposita la costra correlacionable a la superficie S₂ de MOLINA, E.

Por último hemos de indicar que en áreas próximas a la estudiada, Campos de Calatrava, tiene lugar el final de la etapa de formación de las cuencas de Daimiel y Villarta de S. Juan, entre otras y durante el Mioceno superior-Plioceno y Pleistoceno inferior, el desarrollo de un fuerte vulcanismo, con influencia local en cuanto a la formación de discordancias angulares y deformaciones

3. GEOMORFOLOGIA

La hoja de Villarta de San Juan se encuentra situada en la entrada a la gran llanura que se extiende al borde Sur de la Meseta Sur, concretamente en la zona meridional de la Cuenca del Tajo, conocida con el nombre de Llanura Manchega. La Llanura Manchega, o La Mancha, comprende parte de las provincias de Toledo, Cuenca, Albacete y Ciudad Real. Para HERNANDEZ PACHECO, E. esta extensa superficie se divide en dos subregiones, una la Llanura Manchega propiamente dicha y otra, el Campo de Montiel.

Ha recibido diversas definiciones, como: Llanura, Depresión o Cuenca Manchega, Corredor Manchego o Surco Longitudinal Este Oeste, pero para todos, dominando su más marcado carácter morfológico: su planitud.

Para PEREZ GONZALEZ, A. (1981) la Llanura Manchega comprende desde el «Valle del río Júcar hasta Ciudad Real, haciendo frontera con Campos de Calatrava. Al N. las estribaciones occidentales de los Montes de Toledo y los de la Sierra de Altomira, Campo de Montiel al Sur». A su vez esta amplia extensión la divide en Llanura Manchega Oriental, Central y Occidental.

La hoja de Villarta de San Juan se sitúa entre las zonas Central y Occidental, justo en su límite N., quedando flanqueada al Oriente por las estribaciones de la Sierra de Altomira y por los últimos afloramientos de los Montes de Toledo, y se configura como una especie de «corredor» o «pasillo» a la altura de la localidad de Puerto Lápice, que comunica los dominios meridionales de la Cuenca del Tajo con la Llanura Manchega. En la Figura 1 se expone un

esquema de la situación y límites de la Mancha y la localización de la hoja de Villarta de San Juan dentro de ella.

La mayor parte de la superficie de la hoja presenta un relieve plano, generador de la típica topografía de la región, con cotas que oscilan entre los 630 m y 650 m. Esta monotonía, sólo se ve rota por los resaltes en su paisaje generados por las elevaciones paleozoicas, las cuales dan lugar a cerros y sierras con *Resaltes y Barras rocosas* de cuarcitas, dada su respuesta diferencial a la erosión. Sobre estas alineaciones rocosas más resistentes, se asienta una serie de barrancos y torrenteras con funcionamiento esporádico y estacional, pero con alto poder de erosión y transporte, que da lugar a importantes acumulaciones de material en forma de *Coluviones, Canchales y Conos*, que con fuerte pendiente, enrasan con los materiales de la llanura. En la esquina NO. el proceso de erosión transporte de los coluviones generados en las elevaciones paleozoicas dan lugar a un amplio *Abanico aluvial* que con suave pendiente, sobre todo en sus zonas distales, se extiende en una amplia superficie de la hoja.

El sistema fluvial de la Llanura manchega se caracteriza por una red de funcionamiento esporádico y escasa capacidad de transporte. Estos hechos contrastan con la presencia de abanicos, terrazas, amplios valles, etc., que tapizan la gran Llanura Manchega y nos habla de unas condiciones climáticas distintas de las actuales que han evolucionado al estado de aridez de nuestros días. De acuerdo con PEREZ GONZALEZ, A. (1981), «la red fluvial de la Llanura manchega es una red residual, que durante el Pleistoceno-Holoceno quedó como un relicto fluvial por la marcada tendencia a la aridez en la España Central».

En la hoja que nos ocupa, se extiende la terminación occidental de la *Llanura aluvial de San Juan*, extensa superficie modelada desde el Pleistoceno por el sistema fluvial del Guadiana, sistema constituido por una densa y compleja red de canales, de los cuales, el Zánacara constituye el último testigo de esta red o sistema, siendo este río, en la actualidad, el auténtico Guadiana, quedando relegado a nivel de tradición popular toda la historia del Guadiana en cuanto a su nacimiento y discurrir por la Llanura Manchega.

La capacidad actual de transporte y erosión del Zánacara es casi nula, y su perfil longitudinal es casi el de equilibrio. En su recorrido desde antes de su confluencia con el río Cigüela, al norte de la hoja, hasta la localidad de Arenas de San Juan, más de 30 Km., el cauce desciende escasamente 15 m.

PEREZ GONZALEZ, A. (1981) divide en tres grupos los tipos de valles fluviales en función del número de terrazas presentes a lo largo de su curso, controladas por el clima y la tectónica, perteneciendo el Guadiana al grupo

tercero, con un número de terrazas entre 4 y 5 a consecuencia de la subsidencia de la zona. En las proximidades de Arenas de San Juan, se ha reconocido la existencia de una *Terraza rocosa* entallada en las calizas superiores del Plioceno superior.

Como consecuencia del escaso poder erosivo de la red actual, se forman cauces de escasa profundidad, como hemos indicado anteriormente, que en épocas de crecida dan lugar a frecuentes inundaciones, con formación de amplias *Llanuras aluviales*, de las cuales resaltan cerros y elevaciones de las formaciones calizas pliocenas, dando lugar a numerosos *Relieves residuales*. El alto porcentaje de sales disueltas en las aguas, origina en las zonas encharcadas la formación de depósitos evaporíticos, que junto a los materiales limosos transportados, forman amplias zonas de playa sobre la que se desarrolla una rala y específica vegetación de juncas. La incidencia del nivel freático asociado a estos cursos fluviales, crea zonas, dentro de estas playas, secas y húmedas, que mediante control fotogeológico, permite reconocer zonas de *Playas secas* y *Playas húmedas*.

No se han reconocido a lo largo del curso de este río depósitos de terraza, y sólo en las cercanías de la localidad de Arenas de San Juan, donde quedan restos de una superficie que hemos asociado a una *Terraza rocosa*, entallada en materiales calizos del Plioceno superior. A las márgenes de este curso principal, van a desembocar una serie de arroyos y vaguedad de escaso cauce de fluidos, que generan en su desembocadura *Conos fluviales*, en los cuales no se reconocen la morfología típica de estos depósitos, como resultado del escaso poder de transportes de estos arroyos y la distribución posterior de estos depósitos, formándose así zonas completamente planas, que enrasan con la llanura aluvial sin solución de continuidad.

El carácter de Llanura viene impuesto por una serie de superficies de erosión depósito, tratadas ampliamente en capítulos anteriores, y cuyo resumen es:

Una primera superficie, situada a cotas superiores a los 820 m, que suponemos más antigua, entallada en los roquedos paleozoicos y de la cual quedan unos restos, basculados al Este, en la Sierra de la Solana, que hemos denominado *Superficie de erosión antigua sobre paleozoico*.

Al pie de los resaltes de las sierras, aparecen restos a modo de monteras, de una superficie erosiva, con formación de costras calcáreas laminares y acintadas, *Superficie superior de la Llanura Manchega* (S_1), disectada por la red de arroyos y barrancos que tienen nacimiento en los escarpes paleozoicos y parcialmente fosilizada por los coluviones de estas sierras.

Por último, tenemos la superficie más ampliamente desarrollada en la

hoja, y la que le imprime el carácter de llanura, es la superficie pliocena-pleistocena, o *Superficie inferior de la Llanura Manchega* (S₂), con el nivel de encostramientos y costras multiacintadas que la coronan.

El carácter tabular, casi general para todas las formaciones existentes, generan frecuentes *Escarpes y Taludes*.

Sobre los amplios horizontes de la Llanura Manchega resaltan una serie de edificios arenosos que constituyen un auténtico y complejo campo de *Dunas y Manto eólico*, que asociado principalmente a la Llanura aluvial principal, se extiende a lo largo de toda la hoja. Se trata de acumulaciones arenosas de grano fino, que con diversidad de coloraciones, llegan a constituir auténticos campos de dunas, con formas y asociaciones complejas y variadas. La acción de procesos de erosión y transporte continuo, da lugar a formas de deflación, originándose cubetas, surcos y depresiones alargadas, llegando a alcanzar los 600 m, de longitud y de 3 a 5 m de depresión. En algún caso, estas depresiones llegan a constituir pequeñas cuencas endorreicas, donde la evaporación de las aguas de escorrentía, rica en sales y sulfatos producto del lavado de las zonas circundantes, da lugar a depósitos evaporíticos salinos. El caso más espectacular es la *Zona endorreica salina* de Cerro Mesado.

Toda la superficie de la hoja se ve salpicada por una serie de depresiones de menor o mayor tamaño que constituyen un reflejo de la instauración de un karst ampliamente desarrollado. Las causas generadoras del endorreísmo de la Mancha son múltiples, como consecuencia de las condiciones climáticas de la región, como indica PLANS, ver PEREZ GONZALEZ, A. (1981) pp. 556. Estos se pueden resumir en: bajo índice de precipitación anual, coincidencia entre los máximos de evaporación y el mínimo de pluviometría estival y desplazamiento de las lluvias invernales hacia la primavera, lo que resta una parte del agua precipitada por evaporación. No obstante, otros factores no menos importantes han condicionado en el endorreísmo de la Mancha, entre los que destacan los de origen geotectónico, como es la subsidencia de todo el área, propiciándose una fuerte erosión en los bordes de la cuenca, frente a la formación de cursos fluviales. Otro factor lo marcan las características litológicas de las formaciones superficiales, formaciones carbonatadas, propicias a la formación de Karst. Todos estos procesos tuvieron lugar desde el Holoceno.

En la zona de trabajo, se reconoce la presencia de *Dolinas y Uvalas*, así como pequeños sumideros con clara relación con diaclasado y fracturación de la superficie tabular de la costra S₂.

Como resultado de la interacción de diversas dolinas entre sí, se generan

zonas de *Chicots*, a modo de relieves residuales en forma de pequeños cerros aislados entre sí.

En las Uvalas y dolinas más desarrolladas se rellena en fondo de éstas con *Depósitos de fondo de dolina* de naturaleza fundamentalmente arcillosa.

El escaso poder de respuesta de la costra que tapiza el Plioceno a los procesos físicos y químicos, origina un rápido retroceso de los escarpes originales de estas depresiones kársticas, dando lugar, en algunos casos, a amplias depresiones cuyos bordes no corresponden a los primitivos del karst.

A continuación se expone un resumen de las distintas etapas que constituye la evolución geomorfológica de la zona.

Durante el Oligoceno superior y el Mioceno inferior y medio, la zona se vio sometida a la acción de las fases alpinas Castellana y Neocastellana que configuró el área en una serie de cuencas. Sobre los materiales paleozoicos, como consecuencia de una profunda alteración química, se originan potentes «corazas ferruginosas» y se inicia el relleno y formación de sucesivas superficies de erosión.

Posteriormente a la fase Castellana, Oligoceno superior, se genera la superficie erosiva de Campo de Montiel, en el Oligoceno superior-Mioceno inferior.

Durante el Mioceno medio y una vez ya terminada la actividad de la fase Neocastellana, tiene lugar la formación de la superficie de El Bonillo.

Los últimos acontecimientos béticos tienen como reflejo en la zona manchega la formación y el relleno de amplias cuencas a través de la reactivación de antiguas fracturas de zócalo. Se originan así las cuencas del Júcar y otras menores, Villarta de San Juan y Daimiel. Contemporánea a la colmatación de estas cuencas es la superficie de Ossa de Montiel. Todos estos procesos tuvieron lugar durante el Mioceno superior al Plioceno, iniciándose a su vez el vulcanismo de Campos de Calatrava.

Al final de esta etapa se inicia la fase Iberomanchega 1, precursora de la apertura de la Cuenca Manchega y posterior colmatación, iniciándose al final de dicha colmatación la fase Iberomanchega 2, cuyo registro viene marcado por la presencia de la «Superficie superior de la Llanura Manchega» o S_1 , y una karstificación.

Un conjunto de variaciones climáticas así como alteraciones tectónicas, da lugar a la formación de unos extensos depósitos conocidos como «Raña», no presentes en la hoja, pero ampliamente desarrollados en zonas limítrofes.

En el límite Plioceno-Pleistoceno se configura una nueva superficie erosión-sedimentación: la «superficie inferior de Llanura manchega» o S_2 .

Se completa este análisis evolutivo con la instauración de la red fluvial, de

escaso poder erosivo, pues la diferencia de cota de la última superficie erosión-sedimentación, S_2 , es de escasos metros y con formación de amplias llanuras de inundación. Sobre los materiales de la S_2 , costras calizas multia-cintadas, se genera una karstificación acusada y por último, la acción de los vientos dominantes del oeste, transporta sedimentos, fundamentalmente de la llanura aluvial, originando importantes acumulaciones arenosas en forma de campos de dunas.

4. HISTORIA GEOLOGICA

La historia geológica de la zona se inicia con los primeros depósitos del Ordovícico inferior (Tremadociense), si bien al NO. de Puerto Lápice, en el sector de Urda se han reconocido depósitos de areniscas y conglomerados, que según MARTIN ESCORZA (1975) representarían el tránsito Precámbrico-Cámbrico.

La sedimentación del paleozoico se inicia con un conjunto de materiales detríticos; conglomerados en la base, areniscas y pelitas a techo, indicadores del carácter transgresivo, en general, del Ordovícico. Ya se ha indicado la variedad de denominaciones que recibe esta unidad en el capítulo de estratigrafía, añadiendo sólo que los conglomerados parecen corresponder a abanicos deltaicos, retocados posiblemente por corrientes litorales y mareales. Seguiría un medio mareal a submareal responsable de la sedimentación de los niveles de areniscas y sobre todo de las barras de «Cuarcita Armoricana». A partir del Arenigiense hasta el Ashgillense tiene lugar una serie de pequeñas transgresiones y regresiones, con facies de plataforma en el caso más extremo, como lo demuestra la alternancia de ciclos de pizarra y areniscas así como la asociación fanística presente.

La sedimentación continúa en el Silúrico con facies de pizarras ampelíticas generadas en un ambiente de plataforma externa, con intervalos más someros.

Los datos consultados de geofísica, así como la información existente de sondeos realizados en la hoja de Villarta de San Juan, nos permite señalar la existencia de formaciones paleozoicas superiores a las cuarcitas del Arenigiense, muy posiblemente hasta el Silúrico, si bien su falta de exposición aérea nos ha obligado a exponer observaciones y conclusiones obtenidas en hojas limítrofes: hojas de Ciudad Real (18-31), Daimiel (19-30) y Almagro (19-31).

Regionalmente se conoce la existencia del Devónico y Carbonífero junto a la presencia de un vulcanismo de tipo explosivo y composición basáltica durante parte del Silúrico y todo el Devónico, cuya máxima actividad se localiza en el Silúrico superior-Devónico inferior. En el Carbonífero se reconoce un pre o antehercínico (Dinantiense-Namuriense) y un posthercínico (Estefaniense), localizándose la fase de deformación hercínica entre ambos.

A partir de las mismas fuentes de información que nos han permitido conocer la existencia del Paleozoico, se conoce la presencia de sedimentación mesozoica en el depocentro de Villarta de San Juan, al menos triásica y jurásica inferior (¿Lías?). De la información obtenida en áreas donde están presentes estos materiales, se sabe que la evolución que sufre el área desde los últimos acontecimientos hercínicos es: formación de fosas, como resultado de una fase distensiva, con la acumulación de depósitos continentales (abanicos y depósitos aluviales), representados por las facies Bunt permotriásica, que pasa a depósitos de llanura mareal, representados por el Muschelkalk y por último el medio evoluciona a *sebkhas* litorales, (Keuper).

Durante el Jurásico inferior, se instala una plataforma somera con evolución a lagoon, desconociéndose el desarrollo de la cuenca durante el Dogger y Malm. Sobre los últimos niveles Jurásicos, se depositan las arenas de Utrillas, como resultado de los movimientos neokiméricos y austríacos, terminando el ciclo con la instauración de un medio recifal, generador de las calizas con Rudistas. Carecemos de datos sobre la sedimentación de nuevas unidades, salvo la existencia de pequeños retazos de un cretácico superior en la hoja de Llanos del Caudillo (20-30) hasta la formación de potentes suelos, como resultado de una fuerte alteración química en un clima tropical, reconocible por la presencia de una importante «coraza ferralítica» instaurada sobre el paleozoico.

Las fases alpinas más importantes de la región, responsables de las deformaciones observables en el mesozoico en forma de fracturación y plegamiento, fueron la Castellana y Neo-Castellana durante el Oligoceno superior y Mioceno inferior-medio respectivamente.

Una de las características más representativas de la región manchega, a partir de los últimos tiempos cretácicos, es la formación de una serie de cuencas, al relleno de éstas y la formación de amplias superficies de erosión, cuyo registro permite datar tanto depósitos como superficies durante el Paleógeno, remitiendo al lector, una vez más, al trabajo de PEREZ GONZALEZ, A. (1981), donde se presenta una exposición más amplia, así como numerosas citas bibliográficas. En el cuadro III se refleja un resumen de dichas superficies y depósitos correlativos.

Sobre las últimas formaciones cretácicas conocidas como «Unidad basal», se deposita una serie continental detrítica o «Unidad detrítica inferior», del Eoceno-Oligoceno inferior, a la cual sigue la fase Castellana. Sigue la formación de una compleja serie o «Unidad detrítica superior», mientras se genera la superficie erosiva superior de Campo de Montiel, durante el Oligoceno superior-Mioceno inferior. Al finalizar este ciclo erosión-sedimentación y después de la fase Neocastellana, se inicia la sedimentación de la «unidad terminal» durante el Mioceno medio, generándose la superficie de El Bonillo, que en otras áreas culmina con las calizas del Páramo, último estadio de la colmatación de la cuenca.

Durante el Serravaliense-Tortonense inferior, tiene lugar un proceso de gran importancia, el cerramiento del Estrecho Nordbético. El reflejo inmediato en las zonas de estudio, es la deformación de los materiales terciarios y superficies erosivas correspondientes, generándose la formación y relleno de importantes cuencas continentales, a partir del rejuego de fracturas de zócalo, como la cuenca del río Júcar y otras de menor desarrollo, así como los depocentros de Daimiel y Villarta de San Juan, entre otras. Contemporáneamente a estos procesos, que abarcan del Mioceno superior al Plioceno, sería la génesis de la Superficie de Ossa de Montiel y el inicio de un importante episodio volcánico en los Campos de Calatrava.

En las proximidades de la localidad de Puerto Lápice, hoja de Villarta de San Juan, en la Sierra de la Solana, que se prolonga al NE de dicha localidad, se ha reconocido restos de una superficie erosiva entallada en las cuarcitas ordovícicas, que presenta un ligero basculamiento hacia el E, con una cota algo superior a los 820 m, la cual pensamos pueda representar restos de la superficie erosiva correlativa con la formación de la «Unidad detrítica inferior».

Ya se ha indicado la existencia bajo las primeras formaciones pliocenas, de una potente serie de conglomerados rojos de cuarcita (no se puede precisar su composición mineralógica), que naciendo del «corredor» de Puerto Lápice, se extiende a pie de las sierras, evolucionando a facies arcillosas y carbonatadas?. Estos depósitos corresponderían a una serie de grandes abanicos aluviales, que partiendo de los fuertes escarpes constituidos por las sierras septentrionales se extenderían hacia el sur. Estos conglomerados podrían corresponder a estadios posteriores a la fase Iberomanchega 1, previos a la colmatación de la apertura de la cuenca iniciada en esta fase. En ésta la sedimentación se generaliza en toda la zona Manchega con dominio de zonas lacustres y lagunares que colmatan las distintas cuencas.

Al final de esta colmatación se inicia una nueva fase, la Iberomanchega 2, con deformaciones suaves y abombamientos, con la formación posterior de

una superficie de erosión-depósito «S₁» o «Superficie superior de la Llanura manchega», de la cual quedan restos a pie de la Sierra de la Solana, sobre la cual se genera una costra caliza multiacintada. En la hoja de Manzanares (20-31), se describe con detalle esta superficie, donde adquiere un amplio desarrollo.

Siguen a continuación una serie de alteraciones tectónicas y cambios climáticos que favorecen la alteración química del substrato paleozoico, previo a la formación de los depósitos de Raña durante el Plioceno superior.

En el límite Plio-Pleistoceno se genera una suave superficie de erosión-depósito, es la «S» o «Superficie inferior de la Llanura manchega» y la formación de una nueva costra caliza multiacintada, similar a la anterior y ampliamente expuesta en la zona sur de la hoja de Villarta de San Juan.

Durante el Pleistoceno continúan los fenómenos de vulcanismo iniciados en el Mioceno. En la hoja geológica 2.^a edición de Ciudad Real (18-31), se realiza una amplia exposición del tipo, origen y características del vulcanismo de los Campos de Calatrava, remitiendo al lector a dicha memoria para una información completa.

La génesis y evolución de la red fluvial de la Llanura manchega ha estado controlada, fundamentalmente, por la tectónica y las condiciones climáticas de la región, la cual constituye en la actualidad una red residual como consecuencia de la tendencia a la aridez de la España Central.

De acuerdo con esto y en función del número de terrazas generadas, PEREZ GONZALEZ, A. (1981), clasifica los valles en:

1. Con desarrollo de un gran número de terrazas (13 o 14). Río Henares y Duero en su sector central.
2. Con un número intermedio de terrazas (8 a 10). Ríos Jarama y Tajo.
3. Reducido número de terrazas (3 o 4). Río Guadiana.

El reducido número de terrazas del tercer grupo es consecuencia de una subsidencia generalizada, que conlleva una disminución en el caudal.

A lo largo del Pleistoceno se modeló la Llanura manchega central a través de un sistema de paleocanales y depósitos, constituyendo el río Záncara, en la actualidad el auténtico río Guadiana. En las proximidades de la localidad de Arenas de San Juan, hoja de Villarta de San Juan, existen restos de una antigua terraza rocosa, entallada en las calizas superiores del Plioceno superior.

Con posterioridad a la formación de las terrazas se formaron extensos abanicos aluviales, NO de la hoja de Villarta de San Juan y Daimiel (19-30).

Durante el Cuaternario se desarrolla una importante karstificación de tipo

«Karst de llanura en estructura subhorizontal y de relieves policíclicos». PEREZ GONZALEZ, A. (1981) con un marcado control estructural (fracturas y diaclasas).

Por último, desde el Pleistoceno superior-Holoceno hasta la actualidad, se desarrolla por toda la Llanura manchega un amplio campo dunar a causa de los vientos del Oeste, si bien existen otras componentes generadoras de estas acumulaciones, Noroeste y Suroeste.

5. GEOLOGIA ECONOMICA

5.1. MINERIA Y CANTERAS

Es totalmente inexistente la presencia de minería en la hoja, como era lógico esperar de las litologías de la zona, limitándose a la utilización, siempre de carácter local, de los niveles calizos pliocenos para la construcción y la obtención, mediante caleras, de cal a partir de los niveles de costra. Así mismo, son motivo de explotación, siempre de carácter casi puntual, y como mucho local, de las arenas pliocenas, para la construcción. En cualquier caso, todas estas pequeñas explotaciones han sido abandonadas, siendo utilizadas en la actualidad, por los vecinos para uso personal.

Con la construcción durante el año 1985 de la variante de la carretera a Ciudad Real, se ha puesto en explotación una importante cantera para áridos a partir del gran abanico aluvial, situado al NO. de la hoja.

5.2. HIDROGEOLOGIA

La hoja presenta mayores posibilidades dentro del enmarque económico de la zona desde un punto de vista hidrogeológico, como lo demuestra la realización y explotación de numerosos sondeos repartidos por toda su superficie, con un reflejo en el tipo de cultivo existente. Sustitución, cada vez más acusada del viñedo por el regadío.

Enclavada dentro del Sistema 23 de la numeración nacional de los Sistemas Acuíferos, la hoja de Villarta de San Juan presenta unas características muy favorables como zona de acumulación de aguas subterráneas. Por un lado tenemos un conjunto de materiales superficiales de edad cuaternaria,

como son coluviones, abanicos aluviales, conos de deyección, que por su constitución eminentemente detrítica, constituyen zonas de acumulación de aguas, aunque siempre en cantidades modestas. Es el conjunto de materiales neógenos, así como los paquetes calizos del Jurásico y Cretácico existentes en el depocentro detectado por geofísica, y la presencia de arcillas y margas del Triás, el que constituye el acuífero importante de la zona. La presencia de niveles arcillosos intercalados en las formaciones terciarias, originan la formación de acuíferos colgados.

Aforos realizados en algunos de los sondeos han dado un caudal de unos 110 m³/h, con un descenso del nivel freático de 10 m, estabilizándose al nuevo nivel alcanzado. La cota a que se encuentra el acuífero principal varía entre los 10-12 m, y los 25-27.

La sequía que viene padeciendo la región los cuatro o 5 años últimos, así como la gran utilización a que está siendo sometido el acuífero principal, habrá hecho variar los parámetros, pues en algunas zonas en que era conocida la surgencia natural de las aguas, hoy en día han bajado del orden de 10 a 15 m.

6. BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, E.: (1971).— «Datos para la historia terciaria y cuaternaria del Campo de Calatrava». *Cuad. Estudios Manchegos* n.º 2, pp. 159-171.
- AGUIRRE, E.; MOLINA E.; PEREZ GONZALEZ, A., y ZAZO, C.: (1972).— «The Pliocene-Pleistocene boundary in Spain.» *Int. Coll. on the problem. The Pliocene-Pleistocene boundary in Spain. Coll. of papers*, I, pp. 1-14.
- AGUIRRE, E.; DIAZ MOLINA, M., Y PEREZ GONZALEZ, A.: (1976).— «Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Sur Española». *Trab. Neógeno-Cuaternario*, 5, Miscelánea Neógena, pp. 7-29.
- ALBERDI, M.T.; JIMENEZ, E.; MAZO, A.V.; MORALES, J.; SESE, C., y SORIA, D.: (1984). — «Paleontología y biostratigrafía de los yacimientos Villafrankienses de las Higuieruelas y Valverde de Calatrava II. (Campo de Calatrava, C. Real)». *Memoria presentada a la Exma. Diputación de C. Real* (En prensa).
- ALEIXANDRE, T.; PINILLA, A., y PEREZ GONZALEZ, A.: (1977). — «Características mineralógicas de las dunas continentales de la Llanura manchega»33. *Actas de la III Reunión G.T. del Cuaternario*, pp. 281-289. Inst. de Geogr. Aplicada CSIC.
- ALIA, M. (1972). — «Evolution post-hercynienne dans les regions centrales de la Meseta espagnole». *24th IGC. Secc.3*, pp. 265-272.
- ALIA MEDINA, M.; CAPOTE, R., y HERNANDEZ ENRILE, J.L.: (1971) — «Rasgos geológicos y tectónicos de la Sierra Morena Oriental y sus estribaciones meridionales en la transversal de Moral de Calatrava (Ciudad Real) a Villanueva del Arzobispo (Jaen)». *I. Cong. Hisp. Luso-Americano de Geol. Econom.* Secc. I, Tomo I, pp. 3-17.
- ALMELA, A.; ALVARADO, E.; COMA, C.; FELGUEROSO, C., y QUINTERO I.: (1961). — «Manchas carboníferas en la provincia de Ciudad Real». *Not. y Com. IGME*, n.º 64, pp. 197-212.
- ALMELA, A.; ALVARADO, M.; COMA, C.; FELGUEROSO, C., y QUINTERO, I.: (1962). — «Estudio geológico de la región de Almadén» *Bol. Geol. Min.* 73, pp. 193-327.

- ALVARADO, A., y H. PACHECO, F.: (1931). — «Memoria explicativa de la hoja geológica n.º 784 (C. Real). 1.ª Serie». *IGME*.
- ALVARADO, A., y PACHECO, F.: (1932). — «Memoria explicativa de la hoja geológica n.º 759 (Piedrabuena). 1.ª Serie». *IGME*.
- ALVARADO, A., y HERNANDEZ PACHECO, F. (1934). — «Memoria explicativa de la hoja geológica n.º 760 (Daimiel). 1.ª Serie». *IGME*.
- ALVARO, M., y GARCIA ARGUESO, J.M.: (1977). — «Mapa geológico de España a E. 1:50.000 MAGNA. Memoria de la hoja n.º 814, Villanueva de la Fuente». *IGME*.
- ANCOCHEA, E.: (1979). — «Polaridades magnéticas y edad de las rocas volcánicas del Campo de Calatrava, (Ciudad Real)». *Publ. III Asamblea Nac. Geodesia y Geofísica*, pp. 1.593-1.604
- ANCOCHEA, E.: (1963). — «Evolución espacial y temporal del vulcanismo reciente de España Central. Tesis doctoral». *Univ. Comp. Madrid*. pp. 1-675.
- ANTON, J.A.: (1975). — «Investigación geoelectrica de la Llanura Manchega. Sistema 23. Inédito». *Compañía General de Sondeos, S.A.*, 25 pp; 16 planos.
- APALATEGUI, O.: (1980). — «Consideraciones estratigráficas y tectónicas en Sierra Morena occidental». *Temas Geol. Min. IGME*, n.º 3, pp. 23-41.
- BALMASEDA, J.; MEDINA, E.; TELL, J.M., y LARA, V.: (1976). — «Mapa geológico de España E. 1 % 50.000 (MAGNA). Memoria de la hoja n.º 761 (Llanos del Caudillo)». *IGME*.
- BERGAMIN, J.F.; CARBO, A.; CAPOTE, R., y SANTA TERESA, I.: (1984) «Avance de interpretación de una transversal gravimétrica entre los Montes de Toledo y Sierra Morena». *I Cong. Esp. Geol. Segovia*. T. 3, pp. 303-309.
- BOCHMANN, H.G. (1956). — «Stratigraphie und tektonik der zentralen Extremadura im Bereich von Cáceres und der östlichen Sierra de San Pedro (Spanien)». *Diss. Math. Naturw. Univ. Münster*. pp, 1-195.
- BONADONNA, F.P., y VILLA, J.M.: (1984). — «Estudio geocronológico del vulcanismo de Las Higueruelas». *I Reun. Est. Reg. Castilla-La Mancha* (Albacete).
- BOUYX, E.: (1963). — «Extension de terrains ante-ordoviciens au sud de Ciudad Real (Espagne meridionale)». *C.R. Somm. Soc. Geol. France*. pp. 339-341.
- BOUYX, E.: (1970). — «Contribution a l'étude des formations anteordoviciennes de la Meseta Méridionale (Ciudad Real y Badajoz)». *Mem. Inst. Geol. y Min. España*. T. 73, pp. 1-263.

- BRENCHLEY, P.; ROMANO, M., y GUTIERREZ, J.C.: (1985).— «Proximal and distal Hummocky Cross-stratified facies on a wide Ordovician shelf in Iberia». *Can. J. of Petrol. Geology* (en prensa).
- CASIANO DE PRADO, M.: (1855).— «La Géologie d'Almadén d'une partie de la Sierra Morena et des Montagnes de Toledo». *Bull. Soc. Geol. France*, T. 212, pp. 3-24.
- CYRY, G.: (1936).— «Contribución a l'étude géologique de la région d'Almadén» 33. *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.* V. 36, n.º 6 pp. 293-300.
- CGSSA-INTECSA: (1975).— «Proyecto de investigación hidrogeológica de la Cuenca alta y media del Guadiana». *IGME* (Inédito).
- CGSSA.: (1984).— «Estudio hidrogeológico para el suministro de agua a la Azucarera de Ciudad Real, S.A.». Inédito, pp. 1-34.
- CORTAZAR, D.: (1878).— «Expedición geológica por la Provincia de Toledo». *Bol. Com. Mapa Geol. España*, 5.
- CORTAZAR, D.: (1880).— «Reseña física y geológica de la provincia de Ciudad Real». *Bol. Com. Mapa Geol. Nac.* T. VII, pp. 1-289.
- CRESPO, V.: (1971).— «Contribución al estudio del Valle de Alcudia». *Bol. Geol. Min.* T. 82, pp. 512-515.
- COULLAUT, J.L.; BABIANO, F.; VILLOTA, J., y AGUILAR, M.J.: (1978).— «Mapa geológico de España 1:50.000 (MAGNA). Memoria de la hoja 16-32 (Almadén)». *IGME*.
- CHAMON, C.; HERNANDEZ ENRILE, J.L.; OLMO, P.; PARDO TIRAPU, G., y ALIA, M.: (1970).— «Estudio geológico de la región de El Viso del Marqués-Moral de Calatrava (Provincia de Ciudad Real)». Inédito. *Dep. Geodinámica Interna Univ. Comp. Madrid*.
- DANTIN CERECEDA, J.: (1935).— «Geomorfología de la Mancha». *Bol. R.Soc. Geográfica. Madrid*. T. 76, pp. 129-140.
- FERNANDEZ, A., y ALVARADO, A.: (1935).— «Memoria explicativa de la hoja geológica 1:50.000 n.º 785. Almagro, 1.ª serie». *IGME*.
- FERNANDEZ CARRASCO, J.; GARCIA PORTERO, J.; ORTEGA GIRO-NES, E., y SANCHEZ VIZCAINO, J.: (1982).— «Mapa geológico de España 1:50.000 (MAGNA). Memoria de la hoja 17-31. Abenójar». *IGME*.
- GAIBAR PUERTAS, C.; GEYER, D.F.: (1969).— «Estratigrafía edad y espesor atribuibles al Liasico manchego y sus relaciones con algunos sectores de la Cordillera Bética». *Bol. Geol. Min.* T. 80, pp. 1-44.
- GARCIA VELEZ, A., y RODRIGUEZ ESTRELLA, T.: (1982).— «Mapa geológico de España a E. 1:50.000. MAGNA. Memoria de la hoja n.º 841. Alcaraz». *IGME*.

- GOMEZ DE LLARENA, J.: (1916).— «Bosquejo geográfico-geológico de los Montes de Toledo». *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. (Geol)*, n.º 15, pp. 1-74.
- GUTIERREZ MARCO, J.C.; CHAUVEL, J.; MELENDEZ, B., y SMITH, A.B.: (1984).— «Los Equinodermos (Cystoidea, Homalozoa, Stelleroidea, Crinoidea) del Paleozoico inferior de Montes de Toledo y Sierra Morena (España). Partes I-III». *Est. Geol.* V. 40, pp. 421-453.
- GUTIERREZ MARCO, J.C.; RABANO, I.; PRIETO, M., y MARTIN, J.: (1984).— «Estudio bioestratigráfico del Llanvirn y Llandelilo (Dobrotivien-se) en la parte meridional de la zona Centroibérica (España)». *Cuad. Geol. Ibérica*, 9.
- HAFENRICHTER, M.: (1979).— «Palaontologisch-okologische und lithofaziel-le untersuchugen des Ashgill-kalkes (Jungordovizium) in Spanien». *Arb. Palaont. Inst. Wurzburg*, 3. pp. 1-139.
- HAFENRICHTER, M.: (1980).— «The lower and upper boundary of the Ordovician system of some selected regions (Celtiberia, Eastern Ossa-Morena) in Spain. Part. II: The Ordovician Silurian boundary in Spain». *N. Jb. Geol. Palaont. Abn.* (I), pp. 138-148.
- HAMMAN, W.: (1974).— «Phacopina und cheirurina (Trilobita) aus dem Ordovizium Spaniens». *Sencken. leth.* 55, 1-5, pp. 1-151.
- HAMMANN, W.: (1976).— «Trilobiten aus dem oberen Caradoc der Ostlichen Sierra Morena (Spanien)». *Senckenbergiana lethaea* V 57 n.º 1, pp. 35-85.
- HAMMANN, W. (1983).— «Calymenacea (Trilobita) aus dem Ordovizium von Spanien; ihre biostratigraphie, okologie und systematik». *Abh. Senck. natur. Ges.* 542, pp.. 1-177.
- HAMMANN, W.; ROBARDET, M., y ROMANO, M.: (1982).— «The Ordovician System in South western Europe (France, Spain and Portual)». *Pub. Internat. Un. Geol. Sci.* 11, pp. 1-47.
- HERNANDEZ PACHECO, E.: (1921).— «El yacimiento de mamíferos de Valverde de Calatrava y edad de los volcanes de la provincia de Ciudad Real». *Bol. R.Soc. Esp. Hist. Nat.* T. bicentenario, pp. 98-114.
- HERNANDEZ PACHECO, E.: (1927).— «Les volcans de la région centrale d'Espagne». *Bull. Volcanologique*, 4 pp. 1-267.
- HERNANDEZ PACHECO, F.: (1932).— «Estudio de la región volcánica central de España». *Mem. Acad. Ciencias Ex. Fis. Nat.*, 3, pp. 1-235.
- HERNANDEZ PACHECO, F.: (1932).— «La región volcánica de Ciudad Real». *Publ. Soc. Geogr. Nac.* Serie B, n.º 3, pp. 154-213.
- HERNANDEZ PACHECO, F. (1935).— «Memoria explicativa de la hoja geológica n.º 786 (Manzanares) 1.ª Serie» *IGME*.
- HOYOS, M.; BONADONNA, F.P.; ANCOCHEA, E.; DE LA RUBIA, R., y MAR-

- FIL, R.: (1984).— «Características geológicas del yacimiento de las Higuieruelas (Ciudad Real)». 1.^a *Reun. Reg. Cast. La Mancha*. Albacete.
- IGME.: (1983).— «Libro Jubilar J. M. Ríos. Geología de España». *IGME*.
- IGME.: (1971).— «Mapa geológico de España E. 1:200.000. Síntesis de la cartografía existente. Hoja n.º 61, (Ciudad Real)». *IGME*.
- JESSEN, O.: (1930).— «La Mancha. Ein Bertrag zur Landeskunde Neucastillieus» *Mitt der Gessel.* V. 41, pp. 132-227. Trad. al español por J. GOMEZ DE LLARENA (1946): «La Mancha. Contribución al estudio Geográfico de Castilla la Nueva». *Est. Geogra.* año 7, n.º 23, pp. 269-32 y n.º 24, pp. 479-524.
- JULIVERT, M., y TRUYOLS, J.: (1983).— «El Ordovícico en el Macizo Ibérico». *Libro Jubilar J. M. Ríos*. V. 1, pp. 192-246.
- JULIVERT, M., Y TRUYOLS, J.: (1983).— «El Silúrico en el Macizo Ibérico» *Libro Jubilar, J.M. Ríos*, V. 1, pp. 246-265.
- JULIVERT, M.; VEGAS, R.; ROIZ, J.M., y MARTINEZ RIUS, A.: (1983).— «La estructura de la extensión SE de la zona centroibérica con metamorfismo de bajo grado». *Libro Jubilar J. M. Ríos*. T. 1, pp. 477-490.
- LOTZE, F.: (1956).— «El Cámbrico en España. (Trad. de Joaquín Gómez de Llarena (1970). en Publ. Extr. Geol. ESPAÑA.)». *Mem. IGME*. T, 75, pp. 1-256.
- MALLADA, L.: (1896).— «Explicación del mapa geológico de España. Tomo II: Sistemas cambriano y siluriano». *Mem. Com. Map. Geol. Esp.* 20, pp. 1-515.
- MACHENS, E.: (1954).— «Stratigraphie und tektonik der sudostlichen Iberischen Meseta im Bereich des Oberen Guadiana». *Diss. Univ. Munster.*, pp. 173.
- MARTIN ESCORZA, C.: (1975).— «Estudio geotectónico del Paleozoico inferior en los Montes de Toledo surorientales (Urda-Fuente del Fresno)». *Tesis Doctoral*. Univ. Comp. Madrid.
- MARTIN ESCORZA, C. (1977).— «Nuevos datos sobre el Ordovícico inferior; el límite Cámbrico-Ordovícico y las fases sárdicas en los Montes de Toledo: consecuencias geotectónicas». *Est. Geol.* V 33, pp. 57-80.
- MESEGUER PARDO, I.: (1953).— «Memoria explicativa de la hoja 1:50.000 n.º 738, Villarta de San Juan. 1.^a Serie». *IGME*.
- MOLINA, E. (1974).— «Campo de Calatrava (En submeseta Meridional Campo de Calatrava por M. Molina, E. Aguirre y J. Morales)». *Coloquio Int. bioestrat. cont. del Neógeno Sup. y Cuaternario inf. Libro guía.*, pp. 215-255.
- MOLINA, E. (1975).— «Estudio del Terciario Superior y del Cuaternario del

- Campo de Calatrava (Ciudad Real)». *Traba. Neógeno-Cuaternario*, 3, pp. 1-106. (1974) Tesis Doc. UCM 374 p
- MOLINA, E.; PEREZ GONZALEZ, A. y AGUIRRE, E. (1972).— «Observaciones geológicas del Campo de Calatrava». *Est. Geol.* v. 27 pp. 3-11.
- MOLINA, E.; BLANCO, J.A.; PELLITERO, E.; CANTANO, M., y JORDA, J. (1985).— «Esquema sobre la evolución del relieve del Macizo Hespérico en su sector Castellano-Extremeño». *Studia Geol. Salmant.* n.º 20, pp. 115-126.
- MONTURIOL, F.; GALLARDO, J., y ALEIXANDRE, T.: (1970).— «Los paleosuelos rojos de las formaciones cuaternarias del Campo de Calatrava (C. Real)». *An. de Edaf. y Agrobiol.* T. 29, n.º 78, pp. 519-572.
- MORENO, F.; VARGAS, R.; MARCOS, A.: (1976).— «Sobre la edad de las series ordovícicas y cámbricas relacionadas con la discordancia «Sárdica» en el anticlinal de Valdelacasa (Montes de Toledo, España)». *Breviora Geol. Astúrica* 20 (1) pp. 8-16.
- MORENO, F.: (1977).— «Estudio geológico de los Montes de Toledo occidentales. Tesis doctoral». *Univ. Comp. Madrid*.
- NIÑEROLA, S.; TRAC, N.; TORRENS, T.; BATLLE, A., y CALVIN, J.: (1976).— «El embalse subterráneo de la Llanura Manchega». *I Sim. Nac. de Hidrogeología. Valencia.* T. 2, pp. 234-253.
- OLIVARES, J.; CARRERAS, F., y RUIZ CELAA, C.: (1984).— «Abastecimiento compartido por aguas superficiales y subterráneas. Aplicación al caso de C. Real». *I Congr. Esp. Geol. Segovia*, T. 2, pp. 277-286.
- OLIVARES TALENS, J.: (1984).— «Medio ambiente y desarrollo. Necesidad de estudios de impacto ambiental. Zonas húmedas en la cuenca alta del Río Guadiana». *I. Congr. Esp. Geol. Segovia.* T. 1, pp. 713-722.
- PARGA, I.: (1935).— «Quimismo de las manifestaciones magmáticas cenozoicas de la Península Ibérica». *Trab. Mus. Nac. Ciencias Nat. (Ser. Geol.)*, n.º 40, pp. 1-74.
- PEREZ GONZALEZ, A.: (1979).— «El límite Plioceno-Pleistoceno en la submeseta meridional en base a los datos geomorfológicos y estratigráficos». *Traba. Neógeno-Cuaternario* n.º 9, pp. 23-36.
- PEREZ GONZALEZ, A.: (1981).— «Neógeno y Cuaternario de la Llanura manchega y sus relaciones con la cuenca del Tajo». *Tesis Doct. Ed. Univ. Comp. Madrid*, pp. 1-787.
- PEREZ GONZALEZ, A.; ALEIXANDRE, A.; PINILLA, J., y GALLARDO, J.: (1983).— «El paisaje eólico de la Llanura aluvial de San Juan (Llanura manchega central)». *Act. VI. Reun. Cr. Esp. Trab. Cuatern. Galicia.* pp. 631-655.

- PLANCHUELO PORTALES, G.: (1948).— «Síntesis del Plioceno en La Mancha». *Las ciencias*. año XIII. n.º 4, pp. 808-816.
- PLANCHUELO PORTALES, G.: (1954).— «Estudio del Alto Guadiana y de la altiplanicie del Campo de Montiel». *Tesis Doctoral Inst. Est. Manchegos*, pp. 1-189.
- PLANS, P.: (1969).— «Problemas del endorreísmo español». *Rev. Real Acad. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. T. 62, pp. 271-309.
- PORTERO, J.M., y ALVARO, M.: (1984).— «La depresión del Guadalquivir, Cuenca de Antepaís durante el Neógeno: Génesis, evolución y relleno final». *I Congr. Esp. Geol. Segovia*, T. 3, pp. 241-252.
- PRADO, C. de: (1856).— «Mémoire sur la géologie d'Almadén, d'une partie de la Sierra Morena et des Montagnes de Toledo». *Bull. Soc. Geol. France* (2), 12, pp. 182-204.
- QUIROGA, F.: (1880).— «Estudio micrográfico de algunos basaltos de Ciudad Real». *An. Real. Soc. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 9, pp. 161.
- REDONDO, E., y MOLINA, E.: (1980).— «Bosquejo morfológico de la Cuenca del río Bullaque (Ciudad Real)». *Boletín Geológico y Minero*. T. XCI-III, pp. 471-480.
- ROIZ, J.M.: (1979).— «La estructura y la sedimentación hercínica en especial el precámbrico superior en la región de Ciudad Real-Puertollano». *Tesis Doctoral. Univ. Comp. Madrid*, pp. 1-236.
- ROYO Y GOMEZ, J.: (1926).— «Tectónica del Terciario continental Ibérico». *Bol. Com. Mapa Geol. España*. T 47, pp. 131-168.
- SANTONJA, M.: (1980).— «El Paleolítico inferior de la Meseta Central Española». *Tesis Fac. Geogr. e Hist. UCM*. (Inédita).
- SANTONJA, M., y REDONDO, E.: (1973).— «Avance del Estudio del Paleolítico del Campo de Calatrava». *Cuad. Est. Manchegos* n.º 4, pp. 61-96.
- SANTONJA, M.; QUEROL, M.A., y PEÑA, J.L. (1977).— «Aplicación de la tipología de Industrias Paleolíticas a la datación del Pleistoceno superior en el Campo de Calatrava (Ciudad Real)». *Actas de la II Reunión Nac. del G.T. de Cuaternario*, n.º 6, pp. 263-274.
- SANTONJA, M., y QUEROL, M.A.: (1979).— «El Paleolítico inferior de la Meseta Española». *Act. IV Reun. del G.T. Cuat.* pp. 196-221.
- SANZ, T.: (1946).— «Investigaciones en la Cuenca hidrográfica de La Mancha». *Not. y Com. Inst. Geol. Min. Esp.* n.º 15, pp. 237-250.
- SCHWENZNER, J.: (1936).— «Zur morphologie des zentralspanischen Hochlande». *Geogr. Abhandl.* 3. ser. TX. pp. 128.
- TAMAIN, G.: (1964).— «Mise en évidence de mouvements tectoniques dans le

- Sud Est de la Sierra Morena (Espagne)». *C.R. Acad. Sc. Paris*, V. 258, pp. 977-979.
- TAMAIN, G.: (1972).— «Recherches géologiques et minières en Sierra Morena Orientale (Espagne). These. Univ. Orsay». *Trab. du Lab. Geol. Struct. et appl.* V. 91.
- TAMAIN, G.; OUTRACHT, A.; CARRE, J.P.; HELOI, R.M.; PERAN, M., y PUPON, G.: (1970).— «L'Ordovicien de la Sierra Morena Orientale (Espagne)». *94 Congr. des Sociétés Savantes, Pau*. T. 2, pp. 275-292.
- TORRENS, T.; BATLLE, A.; NIÑEROLA, S.; GONZALEZ FERMOSE, F., y CALVIN, F.: (1976).— «Contribución al conocimiento de relaciones entre los acuíferos del Campo de Montiel y la Llanura manchega. La leyenda del Guadiana». *I Simp. Nac. Hidrogeología*. Valencia, T. I, pp. 398-420.
- VEGAS, R.: (1975).— «Wrench (transcurrent) faults system of the south western Iberian Peninsula. Paleogeographic and morphostructural implications». *Geol. Rund.* V. 64, n.º 1, pp. 266-278.
- VERNEUIL, E., y BARRANDE, J.: (1856).— «Description des fossiles trouvés dans les terrains siluriens et devoniens d'Almadén d'une partie de la Sierra Morena, et des Montagnes de Tolède». *Bull. soc. Geol. France* (2), 12, pp. 904-1.025.
- YEBENES, A.; MARFIL, R.; SORIANO, J.; PEÑA, J.A. y DIAZ MOLINA, M.: (1977).— «El Triás de Alcázar de San Juan (Región de La Mancha)». *Cuad. Geol. Ibérica*, V.4, pp. 495-508.
- WALTER, R. (EDITOR):. (1977).— «Zwei geologische traversen durch die südliche Iberische Meseta, Spanien». *Munster Forsch. Geol, Palaont.*, 42, pp. 1-55.
- WALCOTT, R.I. (1970).— «Isostatic reponse to loading of the crust in Canada». *Can. Journ. Earth. Sc.*, n.º 166, 7, pp. 716-734.
- ZAMARREÑO, I.: (1983).— «El Cámbrico del Macizo Ibérico». *Libro Jubilar, J.M. Rios*. V. 1, pp. 117-191.



INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA

RIOS ROSAS, 23 - 28003 MADRID

CENTRO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA