

# Descripción y estudio preliminar del origen de la Depresión de Valdespartera (Zaragoza)

M.A. SORIANO

Departamento de Geología. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza

## RESUMEN

Durante el Neógeno, la zona central de la Depresión del Ebro se rellenó por sedimentos evaporíticos (yeso principalmente) y carbonatados. Durante el Cuaternario la acción de la red fluvial produjo la formación de plataformas estructurales y la acumulación de varios niveles encajados de terrazas y glacis. Es frecuente encontrar pequeñas depresiones que originariamente eran endorréicas. Una de ellas, la Depresión de Valdespartera se desarrolla siguiendo el límite entre el Terciario yesífero al sur y el Cuaternario detrítico al norte. A partir del estudio de las características morfológicas de esta depresión se puede concluir que los factores más importantes que intervienen en su génesis son: estructurales (la presencia de fracturas, sobre todo), la erosión preferencial a lo largo del contacto entre los dos tipos de materiales, la disolución de los sedimentos yesíferos y los procesos de piping. El viento tal vez sea un agente de transporte de los sedimentos finos pero no existen pruebas fehacientes en este sentido. El principal proceso es la disolución del yeso como lo prueban la presencia de dolinas aluviales en esta región, la existencia de pequeñas depresiones en los valles de fondo plano y de una superficie sobre yesos con pendiente intermedia entre la del Terciario y el fondo de la depresión. El piping provoca el arrastre de los detríticos en los conductos. Estos procesos son favorecidos por la presencia de fracturas y por la zona de debilidad que produce el contacto entre Terciario y Cuaternario.

*Palabras clave:* Depresión endorréica, disolución de yesos, piping, zonas de debilidad.

## ABSTRACT

The central Ebro Basin was filled by evaporite (gypsum, principally) and carbonate deposits of a Neogene age. During the Quaternary age the fluvial activity caused the development of structural platforms and several nested levels of terraces and pediments. It is very frequent to find small depressions that, originally, had no connection with the drainage system. We study one of these, the Valdespartera depression, which is developed following the boundary between two different materials, the gypsum Tertiary layers in the south and the terrace and pediment Quaternary deposits in the north. From the study of the morphological characteristics, several factors which cooperate in its genesis can be pointed out: Structural factors (mainly the presence of fractures), the preferential erosion along the boundary between the Tertiary and Quaternary sediments, the dissolution of gypsum layers and piping processes. Wind could be an important transport agent of fine sediments, even though no proofs of its importance were found. The main process which generated this depression is gypsum dissolution as, the presence of alluvial dolines in the region, of small basins in the infilled valleys and a surface with an intermediate slope between the Tertiary and the bottom of the depression, indicate. Piping produces dragging of detrital materials in the conduits. These processes are favoured by fractures and the weakness of the contact between Tertiary and Quaternary materials.

*Key words:* Close depression, gypsum dissolution, piping processes, weakness zones.

## 1. INTRODUCCION

La zona central de la Depresión del Ebro se caracteriza por presentar un relleno sedimentario de edad terciaria que está constituido por materiales detríticos en el borde de la Depresión y por depósitos evaporíticos (yesos principalmente) y carbonatados en el centro de la misma. Sobre todo este conjunto se instauró la red fluvial cuaternaria que provocó la formación de relieves estructurales (las plataformas de la Muela y la Plana) y el desarrollo de ocho niveles encajados de terrazas y seis de glaciares (SORIANO, 1990). En este contexto geológico-geomorfológico se desarrollaron depresiones que originalmente no presentaban relación con la red de drenaje. En la actualidad toda esta zona está sometida a un clima de tipo semiárido con una precipitación media anual de 322 mm y una temperatura media mensual máxima de 24,2° C en Julio y mínima de 5,8° C en Enero. Es frecuente que se produzcan fenómenos tormentosos con precipitaciones intensas.

Desde hace largo tiempo se ha citado la existencia de varios focos endorréicos dentro de la región aragonesa (DANTIN, 1942; PLANS, 1969; IBAÑEZ, 1973; 1975 y MENSUA e IBAÑEZ, 1975). En estos últimos trabajos se analiza este modelado en el Bajo Aragón y en todo el sector central de la Depresión. Estos autores describen unas formas a las que denominan alvéolos y que son pequeñas áreas deprimidas más o menos cerradas que en la actualidad no presentan un endorreísmo activo, pero que sí debieron tenerlo en el pasado. Buena parte de todas las depresiones que se desarrollan en el entorno de Zaragoza se localizan al pie de las grandes plataformas de la Plana y la Muela (especialmente en esta última), sobre los materiales cuaternarios, o en zonas de contacto entre sedimentos terciarios y cuaternarios.

Al sur de Zaragoza se encuentra una de las depresiones de mayor tamaño de las que se han considerado como endorréicas: la Depresión de Valdespartera. Los objetivos de nuestro trabajo se van a centrar principalmente en su descripción detallada y a partir de ella proponer una evolución genética de la misma, señalando los principales factores que pensamos intervienen en su génesis.

## 2. CARACTERÍSTICAS MORFOLOGICAS.

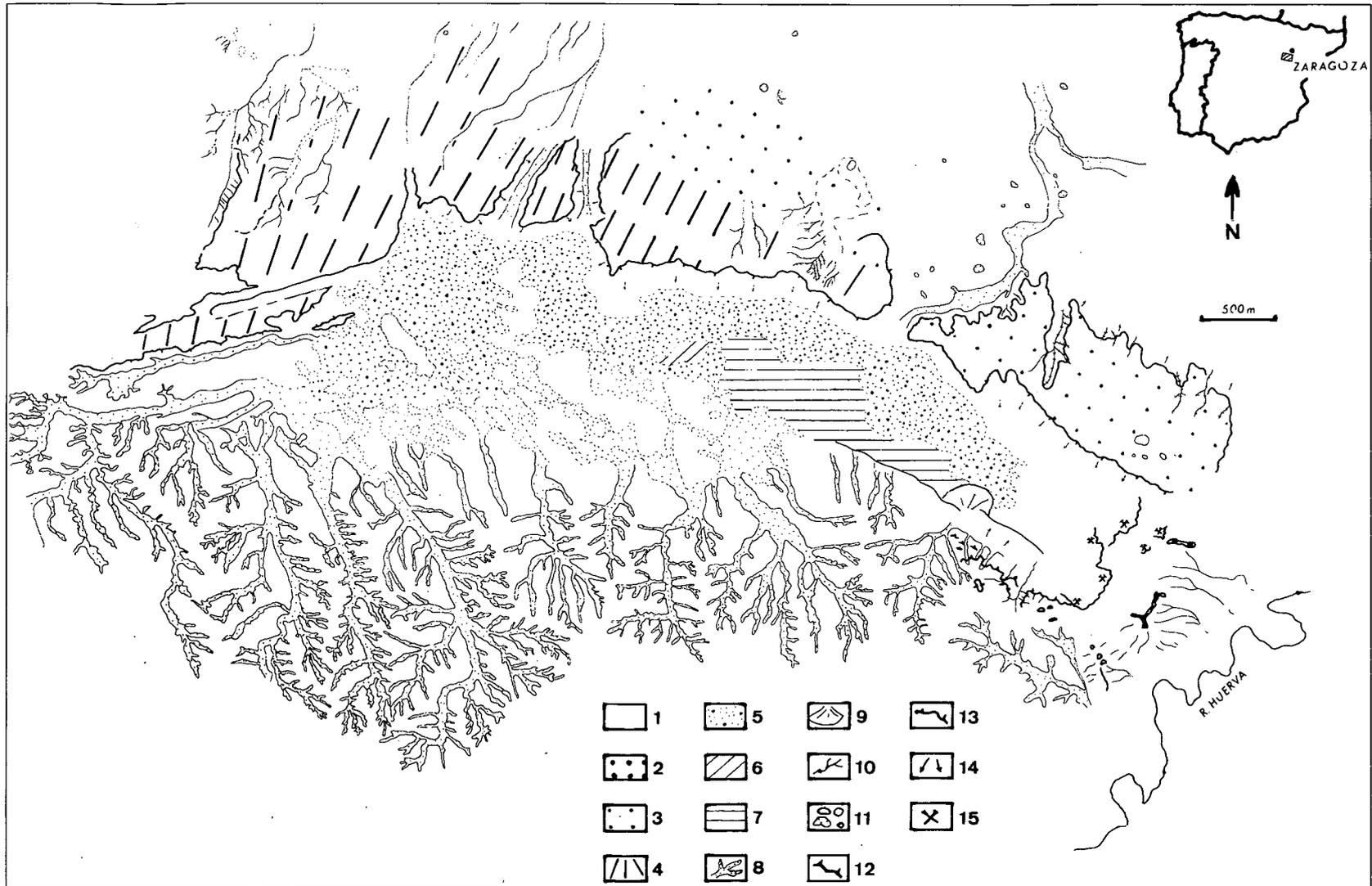
Las depresiones observadas en esta zona se localizan especialmente en el piedemonte Norte y Este de la plataforma de la Muela, y, en menor número, al norte de la

Plana, presentan forma y dimensiones variables. Considerando las características morfológicas de las depresiones y del tipo de modelado o de depósito a partir del cual se han formado se diferencian dos grupos: depresiones generadas entre abanicos y aquellas desarrolladas en el contacto entre materiales de distinta litología (VAN ZUIDAM, 1977; SORIANO, 1990). La Depresión de Valdespartera queda englobada dentro del segundo tipo.

La Depresión de Valdespartera se desarrolla paralelamente al contacto entre el Terciario y el Cuaternario (figura 1). Su forma general es alargada siguiendo una dirección NW-SE. Sin embargo, presenta dos sectores bien diferenciados. En el este, que es el mayor, la dirección es la ya mencionada (foto 1), mientras que en el oeste, el eje mayor sigue la NE-SW. La forma del margen norte de la Depresión (constituido por Cuaternario) y el sur (por Terciario) es muy rectilínea en su zona este. Sin embargo, en la oeste es algo más irregular, especialmente el del Neógeno. Su longitud máxima es de 5,5 km. Su anchura máxima alcanza los 700 m. La mínima es de 200 m y la que predomina se sitúa en torno a los 600 m. Para determinar su profundidad, se ha tomado como nivel de referencia el depósito más reciente a partir del cual se ha generado la depresión. Esta es de unos 15 m, siendo algo menor en el sector oeste.

Las vertientes que la delimitan tienen una inclinación variable. Los valores de la pendiente en el Neógeno son algo mayores del 20%, en el Cuaternario se sitúan entre el 10 y 15%. Además hay una zona con pendiente intermedia entre la de las anteriores y el fondo de la depresión cuyo valor es del 6%, que corresponde en algunos casos claramente a conos de deyección que proceden de las vales que desembocan en la depresión. En otros no parecen tener una conexión clara con los conos actuales, ya que los materiales que integran esos relieves son yesos. Se observa, por tanto, una asimetría en la pendiente de las vertientes debido a la diferencia que existe entre los materiales que están a ambos lados de la depresión.

El fondo de la Depresión se presenta subhorizontal con suaves pendientes desde los márgenes hacia el centro de la misma. En su parte oeste hay gran cantidad de sedimentos neógenos dispersos, lo que provoca la existencia de una topografía más accidentada. Mediante el levantamiento geomorfológico efectuado a partir de los fotogramas aéreos de 1970 a escala 1:20.000 (figura 1), se aprecia en el centro de la depresión la presencia de una zona topográficamente más baja. No obstante, en las diversas campañas de campo que se han llevado a cabo no ha sido posible comprobar con certeza su exis-



**Figura 1.** - Situación geográfica y esquema geomorfológico de la Depresión de Valdespartera. 1. Neógeno yesífero. 2. Terraza 7. 3. Terraza 4. 4. Glacis 4. 5. Fondo de la depresión. 6. Zona de redisolución aparente. 7. Área de pendiente intermedia. 8. Valles de fondo plano. 9. Conos de deyección. 10. Incisión lineal. 11. Dolinas. 12. Escarpes en Terciario. 13. Escarpes en Cuaternario. 14. Regulación de vertiente. 15. Cantera

**Figure 1.** - Geographical location and geomorphological map of the Valdespartera depression. 1. Neogene gypsum. 2. Terrace 7 level. 3. Terrace 4 level. 4. Pediment 4 level. 5. Depression bottom. 6. Possible redissolution area. 7. Intermediate slope area. 8. Infilled valleys. 9. Alluvial fan. 10. Gullies. 11. Dolines. 12. Scarps in Tertiary materials. 13. Scarps in Quaternary materials. 14. Covered slope. 15. Quarry



**Foto 1.-** Vista hacia el este de la Depresión de Valdespartera. A la izquierda, y en primer término, se aprecia el escarpe en el Cuaternario. A la derecha, los relieves terciarios.

**Photo 1.-** Panorama to the east of the Valdespartera depression. To the left, the scarp on Quaternary materials can be seen. To the right, the Tertiary deposits.

tencia, posiblemente a causa de la importante actividad antrópica en la zona. Sí es evidente la presencia de fenómenos de piping en distintos puntos de la zona central de la depresión, que son actuales. Las dimensiones de los conductos que se ven en la superficie son decimétricas y centimétricas, lo que impide su cartografía a la escala utilizada en la figura 1. Estos conductos son cubiertos continuamente por los agricultores de la zona.

Debido a la carencia de cortes no se ha podido determinar la potencia y las características del material que está rellenando la Depresión. Tan sólo es posible señalar a partir de las observaciones efectuadas en superficie que está compuesto fundamentalmente por material limoso que engloba a cantos. Su potencia es de al menos 1 m.

A Valdespartera llegan valles de fondo plano procedentes de los relieves neógenos adyacentes. En ellos se encuentran pequeñas depresiones que indican la existencia de procesos de disolución. Además, las que alcanzan la Depresión tienen en su final unas zonas muy amplias con contrapendientes lo que morfológicamente hace que se asemejen a dolinas de dimensiones considerables y escasa profundidad. Algo similar fué señalado al pie de los montes de Castejón por GUTIERREZ et al. (1985). Es frecuente observar áreas con mayor humedad en su fondo. Los depósitos de las vales se superponen a los del fondo de la Depresión, formando pequeños conos de deyección.

Por otra parte, está capturada por valles de fondo plano que se dirigen hacia el norte disectando a los depó-

sitos de glaciares y terrazas. En su mayoría se difuminan en superficie y desaparecen antes de llegar a un colector importante. La que presenta un mayor desarrollo (localizada al este y que atraviesa el nivel de terraza que SORIANO, 1990, denomina T4) ha sido alterada por la acción humana. Se ha separado de la depresión mediante un pequeño muro sobre el que discurre un camino, de tal manera que en la actualidad la parte de la val que está al norte del muro tiene mayor profundidad que la que queda al sur del mismo, observándose además en esta zona una pendiente hacia el centro de la depresión.

En la zona existente en su margen sur, en que la pendiente es intermedia entre la de la vertiente terciaria y el relleno que se encuentra en el fondo de la Depresión (desde ahora la denominaremos zona intermedia), hay materiales yesíferos. Debido a que esta zona es objeto de intenso cultivo, los agricultores han acumulado cantos y bloques de yeso en pequeños montículos. Aquellos se presentan muy angulosos, lo que indica que no han sufrido transporte.

### 3. GENESIS

La mayor parte de los autores que han estudiado las formas endorréicas de la Depresión del Ebro, coinciden en señalar varios factores en la génesis de las mismas. Así, PLANS (1969) expone que se deben a causas climáticas (que en general son preponderantes), estructurales y morfotopográficas. Más tarde, IBAÑEZ (1975)

opina también que el origen de estas depresiones se produce como consecuencia de una interferencia de factores topográfico-estructurales, litológicos y la aridez de toda la zona, que provoca que esta red endorréica no sea capaz de evolucionar hacia el exorreísmo. MENSUA e IBÁÑEZ (1975) proponen varias posibilidades para la generación de las depresiones a las que denominan "alvéolos", ya que los consideran como un problema complejo en el que intervienen factores estructurales y morfoclimáticos. Piensan que se pueden formar por existir una deformación del substrato (suaves sinclinales) o bien por erosión diferencial. En este segundo caso, existe un problema básico que es el mecanismo de evacuación del material. Sugieren que se puede producir por deflacción eólica o por vía subterránea. Por otra parte, OLIVE (1957) ha descrito depresiones de hasta 12 km de longitud sobre materiales yesíferos en Tejas y Nuevo Méjico a las que denomina de disolución-subsidencia siendo similares, según dicho autor, en su forma a los poljes descritos por CVIJIC (1893), si bien se diferencian en que su origen primario no es tectónico. En su interior se observan dolinas, pequeñas depresiones, arroyos que pasan a ser de drenaje subsuperficial, etc. Se atribuye su origen a drenaje subterráneo a lo largo de fracturas. Cuando los canales no pueden soportar sus techos se produce el colapso. La subsidencia que forma estas depresiones debe ser consecuencia del colapso de varias cavernas no de una sola.

Por otra parte, es bien conocida desde hace años la presencia de dolinas aluviales en el sector central de la Depresión del Ebro tal como señalaron van ZUIDAM (1976); SORIANO (1986; 1992); BENITO (1987). Su origen primario es claramente la disolución del yeso situado bajo los sedimentos cuaternarios. No obstante, otro factor coadyuvante es el arrastre mecánico de los materiales o piping que produce su evacuación tal como señalan NEWTON y TANNER (1987). Como se demuestra en los experimentos llevados a cabo por SORIANO et al. (1992) los mecanismos de arrastre y colapso actúan tanto en profundidad como en superficie.

En lo que respecta a la Depresión de Valdespartera, a partir de las observaciones que se han llevado a cabo y del conocimiento del desarrollo de modelados kársticos en esta región, pensamos que las etapas fundamentales que han intervenido en su génesis son las siguientes:

1) Tras la sedimentación del Cuaternario, el inicio de esta depresión se debió al ensanchamiento por *disolución* de fracturas preexistentes (como parece señalar el fuerte control estructural que presenta su mor-

fología en alguna de las zonas). Este proceso es más importante en el contacto entre los dos tipos de materiales, ya que ahí es donde el espesor de Cuaternario es menor; además, el agua que se recibe en esta parte procede, tanto de la precipitación directa como de la escorrentía proveniente del Terciario.

- 2) Con posterioridad, se produce el *rebajamiento de la superficie de contacto* entre Terciario y Cuaternario por la acción continuada de la disolución. Al mismo tiempo, parte de los *materiales detríticos son arras-trados* a los conductos que se están formando. Todo esto trae como consecuencia el rebajamiento de la topografía.
- 3) Se produce el *retroceso de las vertientes* de los materiales terciarios y cuaternarios, como consecuencia de los aportes hídricos procedentes de ambos conjuntos de materiales y de la disolución que se produce en el fondo de la depresión que se está formando.
- 4) La forma en bumerang que tiene esta depresión puede ser debida a la *coalescencia* de otra que se estaba generando en una zona adyacente.

Apoyando la hipótesis de que la disolución es el proceso más activo en el desarrollo de este modelado hay varios argumentos. Uno de ellos, como se ha indicado, es el gran número de dolinas que se encuentra no solo en las inmediaciones de Valdespartera, sino en toda la parte central de la Depresión del Ebro. Por otra parte, hay que señalar también la existencia de la zona con pendiente intermedia que se desarrolla en el margen sur de la Depresión de Valdespartera. Como ya hemos mencionado, se encuentra muy antropizada y ha sido cultivada durante largo tiempo. Pese a ello, ha podido determinarse que está constituida, básicamente, por yesos neógenos que no han sufrido transporte alguno. Pensamos que se trata de una superficie de aplanamiento resultado de la disolución que ha sufrido el yeso bajo la cubierta detrítica de la depresión inicial, si bien no se han encontrado puebas concluyentes en este sentido. La existencia de zonas con contrapendientes en la parte final de las vales que llegan hasta la Depresión de Valdespartera, también contribuye a reafirmar la importancia que tiene la disolución en su génesis.

El arrastre mecánico de los sedimentos cuaternarios es un proceso coadyuvante en la formación de dolinas aluviales en esta región (SORIANO et al, 1991) y se produce a través de los conductos creados por la disolución. Su existencia soluciona el problema que plantea-

ban alguno de los autores que trabajaron en este tema (MENSUA e IBAÑEZ, 1975) acerca de como se eliminaban los materiales que se encontraban antes de producirse la depresión. Respecto a si el viento es o ha podido ser otro medio de transporte, es difícil determinarlo ya que no se observan acumulaciones eólicas en la zona, bien sea porque no se depositaron o bien porque hayan sido destruidos a causa de la elevada actividad antrópica en toda esta área. Recientemente y debido a la captura de la Depresión de Valdespartera por varias vales es evidente que ha tenido que producirse un transporte de material fuera de la Depresión mediante las mismas.

En cuanto a la posibilidad de que, siguiendo las ideas de OLIVE (1957), estas grandes depresiones sobre yesos pudiesen corresponder con poljes, hay que tener en cuenta que para la existencia de poljes dinámicos se requieren los siguientes requerimientos (GAMS 1978):

- Suelo plano en rocas, en sedimentos inconsolidados, o aluviales o cubierto por fluvisuelos.
- Una depresión cerrada con una pendiente marginal fuerte por lo menos en uno de los lados.
- Drenaje kárstico.
- Que tenga al menos 400 m de anchura.

Como se puede observar, la mayor parte de estas condiciones se cumplen en el caso de la Depresión de Valdespartera. Sin embargo, no se ha apreciado la existencia de un drenaje superficial que pase después a ser kárstico, con lo que no se puede hablar de un polje a partir dicha definición tradicional.

#### 4. CONCLUSIONES

En las proximidades de Zaragoza se encuentran depresiones originariamente endorréicas que, en general, son de dimensiones reducidas y cuyo origen es variado debido a la interacción de varios factores. La más importante de ellas debido sobre todo a sus dimensiones (5,5 km de longitud máxima y entre 200 y 700 m de anchura) es la Depresión de Valdespartera, desarrollada a lo largo del contacto entre el Terciario yesífero y el Cuaternario (constituido por depósitos de glaciares y terrazas). En el margen sur de la depresión, se observa una zona de pendiente intermedia entre la del fondo y la de los materiales terciarios. Procedentes de estos relieves neógenos llegan varias vales y, en la actualidad salen de

la depresión otras que se dirigen hacia el río Ebro disecando a los sedimentos cuaternarios, si bien la mayoría desaparecen rápidamente.

En la génesis de este modelado intervienen varios factores, el más importante de los cuales pensamos que es la disolución del yeso, favorecida por la presencia de fracturas y por la zona de debilidad que viene dada por el contacto entre los sedimentos terciarios y cuaternarios. Además se produce el arrastre mecánico de los materiales detríticos dentro de los conductos (piping). A favor de que la disolución es el proceso más importante en esta zona, se encuentra la presencia de gran número de dolinas en el ámbito regional, de contrapendientes en las zonas terminales de las vales que llegan a la depresión y, finalmente, de una zona con pendiente intermedia entre la de las vertientes neógenas y la del fondo de la depresión que se desarrolla sobre yesos terciarios. Es posible que parte del material pudiese ser exportado por el viento, pero no se han encontrado pruebas que lo corroboren.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- BENITO, G (1987) Karstificación y colapsos kársticos en los yesos del sector central de la Depresión del Ebro (España). *Cuaternario y Geomorfología* 1, pp. 61-76.
- CVIJIC, J. (1893) The dolines. Traducido de Geogrph. Abh. 5, pp. 225-276. En: Sweeting, M.M. (ed) (1981) Karst Geomorphology. Hutchinson.
- DANTIN, J. (1942) Distribución y extensión del endorreísmo aragonés. *Estudios geográficos* 8, pp. 505-595. Madrid.
- GAMS, I. (1978) The polje: The problem of definition. *Z. Geomorph. N.F.* 22, pp. 170-181.
- GUTIERREZ, M.; IBAÑEZ, M.J., PEÑA, J.L.; RODRIGUEZ, J. y SORIANO, M.A. (1985) Quelques exemples de karst su gypse dans la Depresión de l'Ebre. *Karstologia* 6, pp. 29-36.
- IBAÑEZ, M.J. (1973) Contribución al estudio del endorreísmo de la Depresión del Ebro: el foco endorréico al W y SW de Alcañiz (Teruel) *Geographica* 1 Instituto de Geografía Aplicada del patronato Alonso de Herrera, C.S.I.C.
- IBAÑEZ, M.J. (1975) El endorreísmo del sector central de la Depresión del Ebro. *Cuadernos de Investigación (Geografía e Historia)*, pp. 35-48. Logroño.
- MENSUA, S. e IBAÑEZ, M.J. (1975) Alvéolos en la Depresión del Ebro. *Cuadernos de Investigación (Geografía e Historia)* vol 2, pp. 3-14. Logroño.
- NEWTON, J.G. & TANNER, J.M. (1987) Case histories of induced sinkholes in the eastern United States. *2nd Multidisciplinary Con-*

- ference on sinkholes and the environmental impacts of karst*, pp. 15-23. Orlando.
- OLIVE, W.W. (1957) Solution-subsidence troughs, Castile formation of gypsum Plain, Texas and New Mexico. *Bulletin of the Geological Society of America*. vol. 66, pp. 351-358.
- PLANS, P.(1969) Problemas del endorreísmo español. *Rev. de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Tomo LXIII. pp. 271-109. Madrid.
- SORIANO, M.A. (1986) Dolinas de disolución normal y dolinas aluviales en el sector centro-meridional de la Depresión del Ebro. *Bol. Geol. Min.* t. XCVII pp. 328-337.
- SORIANO, M.A. (1990) *Geomorfología del sector centro-meridional de la Depresión del Ebro*. 269 p. Diputación Provincial de Zaragoza. Zaragoza
- SORIANO, M.A. (1992) Characteristics of the alluvial dolines developed due to the dissolution of gypsum materials in the central Ebro Basin (Spain) *Z. für Geomorphology Supp.*Bd. 85. pp. 59-72.
- SORIANO, M.A.; SIMON, J.L.; GRACIA, J. y SALVADOR, T. (1991) Alluvial sinkholes over gypsum of the Ebro Basin (Spain): Genetical factors and environmental impact. (en prensa) *Hydrological Sciences Journal*.
- SORIANO, M.A.; SIMON, J.L. y SALVADOR, T. (1992) Estructura interna y mecanismos de colapsos en yeso. Ejemplos del área de Calatayud (Zaragoza). *Estudios de Geomorfología en España*. pp. 619-629.