

Tipos de lapiaz generados en las cercanías de Zaragoza*

M. A. SORIANO

Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias. 50009 Zaragoza.

RESUMEN

Se han reconocido seis tipos de lapiaz sobre los materiales mesozoicos y terciarios que afloran dentro de la zona central de la Depresión del Ebro, en las cercanías de Zaragoza. De ellos, cuatro son formas conocidas: rillenkarrren, solution pits (que sufren denudación), kluftkarren y hohlkarren (formas heredadas). Los otros dos micromodelados son tipos no descritos anteriormente: lapiaz en escalones con crestas rectas y lapiaz alveolar, no habiéndose podido determinar su génesis. Sobre los depósitos yesíferos se han encontrado rillenkarrren y solution pits, que son funcionales actualmente.

Palabras clave: Lapiaz. Calizas. Lapiaz en escalones rectos. Lapiaz alveolar. Yesos.

ABSTRACT

Six lapiés types have been recognized in the Mesozoic and Tertiary materials of the central Ebro Basin, near Zaragoza. Four of them, are known types: rillenkarrren, solution pits (they have been denuded), kluftkarren and hohlkarren (inherited types). The others are two new types: right step lapiés and alveolar lapiés, their origin has not been determined yet. Only two lapiés types have been developed on gypsum deposits: rillenkarrren and solution pits. They are actives today.

INTRODUCCION

El área donde hemos estudiado estas microformas, se sitúa al sur de la provincia de Zaragoza. Sus límites aproximados los constitu-

yen las localidades de Cariñena, Alagón, Belchite y Zaragoza. Desde el punto de vista geológico, se halla enclavado en el centro de la Depresión del Ebro, cerca de su contacto con la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica. En el área afloran un conjunto de pequeños macizos constituidos básicamente por calizas de edad jurásica (Bulard, 1972). Estos materiales, se encuentran parcialmente fosilizados por series neógenas de composición detrítica, carbonatada y evaporítica que forman parte del borde meridional de la Depresión del Ebro. Un estudio de las mismas se encuentra en Quirantes (1978) (fig. 1).

Sobre los materiales carbonatados (tanto jurásicos como neógenos) y yesíferos se han producido fenómenos kársticos que se manifiestan bajo formas variadas; pequeñas cuevas, dolinas y lapiaz. Alguna de estas formas, especialmente las dolinas, cobran gran importancia debido al elevado número en que se presentan, tanto sobre las calizas neógenas como sobre los detríticos cuaternarios que cubren los yesos, siendo citadas por Van Zuidam (1976) y Gutiérrez *et al.* (1985).

Aunque el lapiaz o karren no sea un modelo tan espectacular como los anteriores, cobra sin embargo bastante importancia debido a la abundancia de tipos que se encuentra en esta zona. Se han visto cuatro clases de lapiaz que corresponden perfectamente con las ya descritas en la literatura tradicional. Además de ellas, hemos hallado otras dos cuyas características son bastante diferentes y que hemos denominado lapiaz en escalones con crestas rec-

* Proyecto CAICYT n.º 1437/82.

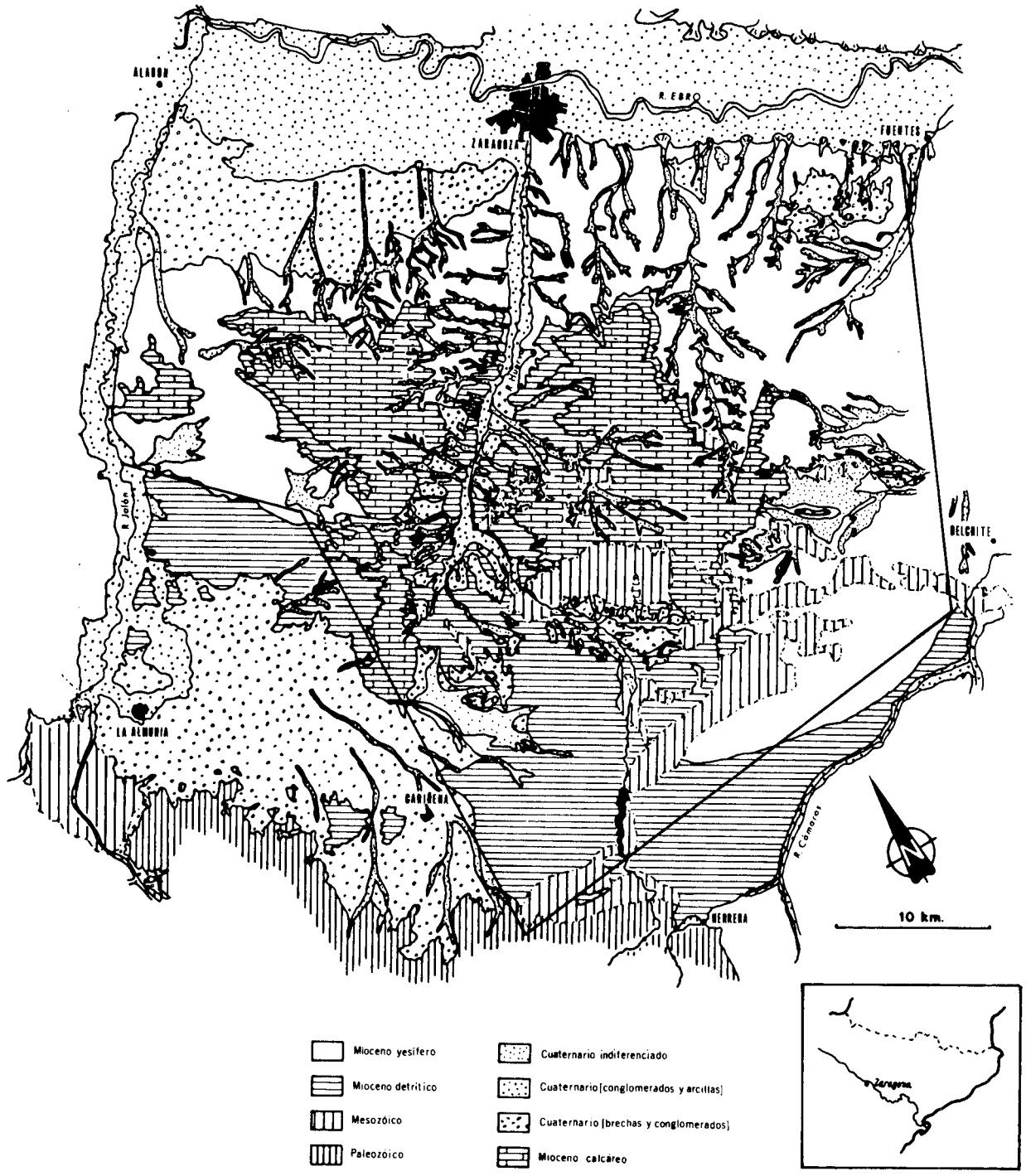


Figura 1.— Situación geográfica y geológica de la zona de estudio (según RIBA *et al.*, 1971 a y b, modificado).

Figure 1.— Geographical and geological situation of the studied area (RIBA *et al.*, 1971 a y b, modified).

tas y lapiaz alveolar. Nuestros objetivos en este trabajo, son la descripción de los distintos tipos de micromodelado, e intentar establecer los factores que influyen en su desarrollo, su posible génesis y funcionalidad actual. Para ello, hemos realizado una diferenciación entre las formas observadas en materiales carbonatados y las que se encuentran sobre yesos.

MICROKARST EN CALIZAS

Como sabemos, las calizas son el principal tipo de roca sobre la cual se desarrollan los fenómenos kársticos, ya que ésta es muy susceptible de disolverse siempre y cuando exista CO_2 disuelto en el agua. Bögli (1960) realiza un estudio de las cuatro fases químicas que controlan los procesos de disolución de calizas, así como la proporción en que las calizas pasan a la solución en relación con estas cuatro fases.

A partir de la figura 1, vemos que la extensión ocupada por las calizas es bastante amplia. Dado que la edad de estos materiales es mesozoica y neógena, la disposición estructural de ambas es distinta. La mayor probabilidad de encontrar superficies con diferente inclinación en las calizas mesozóicas, trae como consecuencia que en éstas se generen hasta seis tipos diferentes de lapiaz. El hecho de que las neógenas se encuentren subhorizontales, provoca que sobre estas últimas se formen sólo dos de ellos: hohlkarren y kluftkarren. Los carbonatos de una y otra edad corresponden, en su mayoría, a calizas micríticas. Las jurásicas son más compactas que las terciarias y es muy frecuente encontrar en ellas huecos (correspondientes a posibles fragmentos de fósiles, a grietas de distensión, etc.) que han sido rellenadas por esparita.

Según Bögli (1960), «karren» son todos aquellos modelados menores de erosión que se encuentran sobre calizas y dolomías, aunque también se desarrollan sobre rocas basálticas y graníticas (Reynolds, 1961). En su formación, influyen varios condicionantes, tal como señalan Bögli (1960), Jennings (1971) y Sweeting (1972). Entre ellos podemos señalar: la presencia o ausencia de cobertera (suelos, vegetales, depósitos superficiales), el tipo de roca sobre la que se desarrolla el lapiaz, su estructura, el tipo de precipitación, la temperatura y la naturaleza de la reacción química (ya hemos indicado que

se producen cuatro fases, siendo durante la primera cuando la disolución es mayor).

Atendiendo a las clasificaciones propuestas por Sweeting (1972) y Bögli (1980), se han diferenciado varios tipos de lapiaz.

Rillenkarrren

Se caracteriza por presentar una superficie rugosa con crestas agudas, que limitan a surcos de sección semicircular. Suelen tener una profundidad de 1 a 2 cm. y una anchura de unos 2 cm. La longitud oscila por lo general en torno a los 30 cm. aunque en algún caso se ha observado de hasta 50 cm. Para su formación, se precisa que la roca presente cierta inclinación (desde 30 a 80°). En general las crestas son bastante rectas y paralelas entre sí, pero en algunas ocasiones (cuando la pendiente es menor) aparecen bifurcadas. Asimismo es relativamente frecuente observar la existencia de pequeñas oquedades a lo largo del surco del lapiaz. Este relieve se atenúa pendiente abajo (foto 1).

De acuerdo con las ideas de Bögli (1960), el rillenkarrren pertenece a un grupo de modelados, resultado de la disolución muy rápida al entrar el agua fresca de lluvia en contacto con una superficie caliza. Otros autores (Bauer, 1963; Miotke, 1968, 1972), piensan que el fenómeno se produce por la dinámica del flujo y la corrosión conectada con él, aunque tampoco queda explicada suficientemente la formación de estos modelados.

Dunkerley (1979) estudia la génesis del rillenkarrren. Piensa que viene condicionada por la existencia de irregularidades en la roca que concentran la disolución inicial en puntos, lo que provoca un aumento de turbulencia. El proceso continúa pendiente abajo, formando finalmente los surcos. Glew y Ford (1980) demuestran experimentalmente que el rillenkarrren se produce cuando el proceso de erosión dominante es la disolución por impacto de pequeñas gotas en una superficie inclinada.

Como hemos indicado anteriormente, existen pequeñas oquedades a lo largo de los surcos, lo cual parece concordar con la génesis propuesta por Dunkerley. Por otro lado, las crestas y los surcos del rillenkarrren que observamos en nuestra área de trabajo están poco marcados por lo general. Ello impide en la mayoría de los casos tener la certeza de que la sec-



ción del lapiaz que vemos actualmente corresponda con la original. Por este motivo es difícil aplicar las ideas de Glew y Ford.

En la actualidad, este micromodelado no es muy abundante. Este hecho junto con la escasa nitidez que presentan las crestas y surcos de la mayor parte de los lapiazes, parecen indicar que hoy día el proceso que lo origina es poco activo. Pérez y Simón (1979) en su estudio acerca de la evolución de tipos de lapiaz sobre calizas indican que en la actualidad se está produciendo una denudación progresiva del rillenkarrén en el área de Castellón. Esta idea parece coadyuvar nuestras suposiciones iniciales aunque desafortunadamente, debido al escaso número de formas, no hemos podido elaborar una estadística como los autores anteriores para confirmar esta idea.

Solution pits

Son pequeñas depresiones circulares, situadas en las partes altas de los afloramientos (Dunkerley, 1979). Este término coincide con el denominado lapiaz de goteo por Pérez y Simón (1979). Su diámetro es de unos 2 cm. y su forma es semiesférica. El agua que reciben es directamente la de la lluvia, sin que haya todavía una escorrentía jerarquizada. Como podemos ver en la fig. 2, suele encontrarse asociado al rillenkarrén. A partir de estos huecos de disolución, se forman las regueras según la dirección de inclinación de la superficie estructural. Al igual que en el rillenkarrén, las crestas que separan a estas pequeñas depresiones se encuen-



Foto 1.— Rillenkarrén, kluftkarrén y hohlkarrén. Jurásico de Aguilón.

Foto 2.— Lapiaz en escalones con crestas rectas. Jurásico de Mezalocha.

Foto 3.— Lapiaz alveolar. Jurásico de la Puebla de Albortón.

Foto 4.— Solution pits y rillenkarrén en yesos. Epila.

Photo 1.— Rillenkarrén, kluftkarrén y hohlkarrén. Jurassic of Aguilón.

Photo 2.— Right step lapieés. Jurassic of Mezalocha.

Photo 3.— Alveolar lapieés. Jurassic of Puebla de Albortón.

Photo 4.— Solution pits and rillenkarrén in gypsum. Epila.

tran bastante desdibujadas; por ello, pensamos que también se está produciendo en la actualidad su denudación.

Kluftkarrén

La mayor disolución en calizas compactas, se produce siguiendo las líneas de debilidad de la roca. El flujo se canaliza en ellas especialmente si tienen elevada inclinación, lo cual promueve su ensanchamiento por disolución formándose este lapiaz. Respecto a las dimensiones observadas por nosotros, la longitud de esta forma es variable y depende, lógicamente, de la extensión de la discontinuidad a favor de la cual se ha originado. En cuanto a la anchura la predominante es de unos 2 cm. aunque en algunos casos se alcanzan los 5 cm. Su trazado es muy rectilíneo. Se han encontrado mayor número de formas desarrolladas a favor de planos de fracturación que de estratificación. En

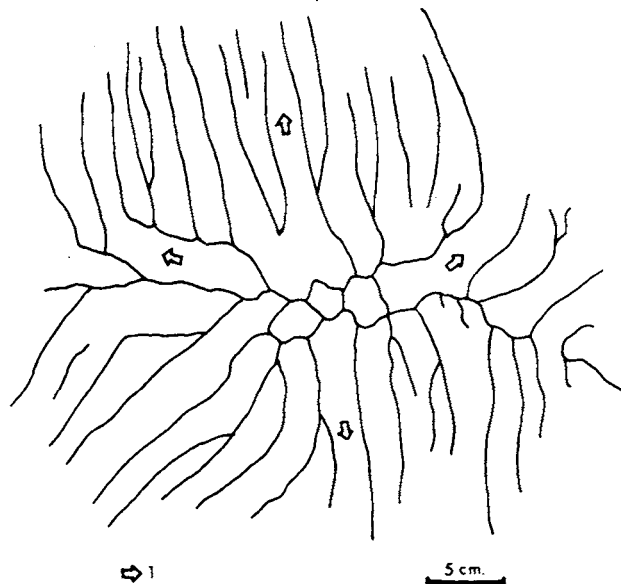


Figura 2.— Vista planimétrica de los solution pits (en el centro) y de rillenkarrén formado a favor de la pendiente (según DUNKERLEY, 1979). 1.— Dirección de pendiente de la superficie.

Figure 2.— Planimetric view of solution pits (in the middle) and rillenkarrén developed in the slope direction (from DUNKERLEY, 1979). 1.— Direction of surface slope.

muchos casos crece vegetación dentro de estos planos de discontinuidad a causa de la presencia de arcillas de descalcificación en su fondo. Normalmente se presentan asociados con otros tipos de lapiaz (rillenkarrren, hohlkarrren) (foto 1).

Según Sweeting (1972), es un modelado que puede desarrollarse tanto sin cobertera, como con ella. Considera que incluso la potencia de la cubierta influye en el desarrollo del lapiaz. En la misma línea, Trudgill (1985) señala que la agresividad aumenta con el incremento de materia orgánica en el suelo y disminuye con la profundidad.

Fabre y Nicod (1982), consideran que este lapiaz puede ser en ocasiones criptokárstico y señalan que los procesos en este tipo de karst son de dos clases: de carácter bioquímico (por la acción directa de raíces, microorganismos) y de carácter geoquímico. En este último, la arcilla residual puede ser autóctona y alóctona, indicando que en climas mediterráneos se puede producir la evolución de las formaciones residuales en «terra-rossa». Dentro de nuestra zona, no hemos llegado a observar nunca este estadio tan avanzado, aunque sí se alcanza el de terra-fusca.

Hohlkarren

Se caracteriza por la presencia de un conjunto de tubos y oquedades en la caliza que alcanzan profundidades de hasta 30 cm. Esta es la causa de que algunos autores los denominen rocas perforadas (Fabre y Nicod, 1982). Están, en general, parcialmente rellenos de arcillas de descalcificación. Se han observado tanto en estratos subhorizontales, como en zonas con pendientes de hasta 30°. La sección de los tubos en la superficie es circular o subcircular, abundando los de forma elíptica que parecen producirse por la coalescencia de varias formas simples (foto 1). Como hemos dicho, generalmente, son formas tubulares. No obstante, Pérez y Simón (1979) observan hohlkarren con un perfil en forma de hongo invertido (es decir, muy ensanchado en la base).

En general, todos los autores parecen coincidir en que se desarrolla bajo una cobertera de humus o turba, con lo cual el agua está sobresaturada en CO₂ y en comparación con la atmósfera, la corrosión es mayor (Bögli, 1980).

Empero, Jennings (1971) señala que es una forma parcialmente cubierta. Los procesos que lo originan son los mismos que intervienen en la formación del tipo descrito anteriormente. De hecho suelen encontrarse asociados con gran frecuencia.

Analizando estos hechos, parece deducirse que tanto klufftkarren como hohlkarren serían formas de karst heredadas, ya que se presentan en superficie. Por lo tanto, las condiciones climáticas existentes en la actualidad son diferentes a las que los originaron y no propician su desarrollo.

NUEVOS TIPOS DE MICROKARST ENCONTRADOS EN CALIZAS

Una vez descritas estas cuatro clases de lapiaz, que como hemos visto encajan perfectamente con las formas que han diferenciado la mayoría de los autores que han trabajado sobre este tema, vamos a referirnos a otras dos formas de micromodelado en calizas, observadas en nuestra zona de estudio y que no corresponden con los tipos descritos en las clasificaciones existentes.

Lapiaz en escalones con crestas rectas

Se han encontrado en puntos localizados dentro del Macizo de Mezalocha. Como vemos en la foto 2, se caracteriza por presentar unos surcos transversales a la pendiente separados por pequeñas crestas, disponiéndose este conjunto a modo de peldaños. Las crestas son bastante rectilíneas aunque presentan ligeras concavidades de hasta 0,5 cm. En cuanto a sus dimensiones la altura entre cada escalón es de 1-1,5 cm., la anchura de la parte horizontal del peldaño oscila entre 1 y 2 cm. La pendiente sobre la cual se desarrollan alcanza 36°. Dentro de la caliza se han observado grietas de distensión rellenas de calcita, cuya dirección coincide con la de los escalones. Son precisamente estas grietas rellenas, las que generan los escalones.

En el interior de los surcos se han formado pequeñas depresiones cerradas de hasta 3 cm. de diámetro máximo que a su vez contienen otras de dimensiones todavía menores. No presentan arcillas de descalcificación, lo cual unido a su forma podría indicar que se han originado

principalmente por corrosión. Por otra parte, en la zona superior del afloramiento, observamos pequeñas depresiones del mismo tipo que las encontradas en el lapiaz alveolar, del que hablaremos posteriormente, que al coalescer parecen formar nuevos escalones.

Por su disposición en escalones o peldaños, es similar a la forma denominada trittkarren. Según Sweeting (1972) y Bögli (1980) esa forma se desarrolla sobre superficies planas dentro de las primeras fases de disolución de las rocas. Otra característica de este lapiaz es la fuerte concavidad que siempre ofrece la pared vertical del escalón (fig. 3), de tal modo que Bögli (1980), vistos en superficie los compara con la huella de un «talón». Este mismo autor indica que la evolución de esta forma se produce hacia arriba de la pendiente formando escalones por corrosión regresiva. La forma semicircular se mantiene por la concentración de mayor cantidad de agua en la parte central de la «huella del talón».

Podemos ver, por lo tanto, que existe cierta similitud del lapiaz en escalones con crestas rectas con el trittkarren, con lo cual podría pensarse que aquél fuese una etapa evolutiva avanzada dentro del desarrollo normal del trittkarren. No obstante, hay una serie de características que los diferencian: su formación a favor de una pendiente elevada, su relación evidente con los pequeños alveolos, la escasa concavidad del borde de los escalones y finalmente que la relación entre la anchura y altura de los peldaños, difiere mucho de la que presentan los autores anteriormente mencionados (estos dos últimos rasgos tienen quizá menor importancia).

La existencia de grietas de distensión es, probablemente, un factor fundamental en su génesis, ya que condiciona su linealidad y proporciona un material más resistente a la erosión que provoca los resaltes que darán lugar al borde de cada peldaño. En cuanto a su relación con los alveolos, ésta se ha visto en varias zonas apreciándose estadios intermedios en los que varias pequeñas depresiones se unen y forman peldaños incipientes. Como veremos en el siguiente apartado, los alveolos se generan incluso sobre superficies verticales, con lo cual se explica el desarrollo del lapiaz en escalones con crestas rectas sobre planos con una inclinación de 36°. Respecto a las dimensiones de los escalones, pueden ser variables dependiendo

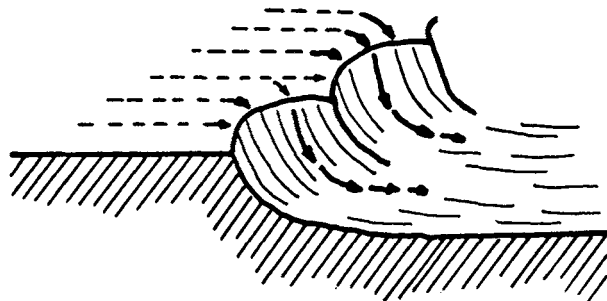


Figura 3.—Morfología del trittkarren (según BOGLI, 1980).

Figure 3.—Trittkarren morphology (from BOGLI, 1980).

del tamaño de los alveolos que hayan formado los peldaños y de la separación que exista entre las discontinuidades internas de la caliza, de ahí que anteriormente nos refiriésemos a su menor importancia.

Pensamos, por tanto, que pese a la analogía existente entre el trittkarren y el lapiaz aquí descrito, hay diferencias importantes en cuanto a la génesis y disposición de este último que permiten, en principio, diferenciarlos.

Lapiaz alveolar

El otro tipo de lapiaz que hemos encontrado, lo designamos con el nombre de «lapiaz alveolar», debido a la similitud que presenta con este tipo de formas desarrolladas normalmente sobre rocas detríticas. Igual que en el caso anterior, no es un micromodelado frecuente. Se ha reconocido en las inmediaciones de la Puebla de Albortón. Está constituido por oquedades de pequeño tamaño (entre 2 y 7 cm.) y forma casi circular que se desarrollan perpendicularmente al plano de la roca teniendo una profundidad de hasta 3 cm. Se localizan sobre planos de gran buzamiento (de hasta 90°). Los mejor desarrollados aparecen aislados, pero los de pequeño tamaño se encuentran, en muchos casos, unidos entre sí (foto 3). En muchos de ellos, se aprecia una estrecha concordancia entre el borde de la depresión y la existencia de grietas de distensión rellenas de calcita.

Su origen a partir de los datos que hemos expuesto, parece ciertamente complejo. Como hemos señalado anteriormente, no es extraña la formación de pequeñas oquedades aprovechando alguna irregularidad en la composición de la roca, sin embargo, a pesar de la presencia de las grietas de distensión que crean irregularidades en las calizas, resulta difícil pensar en la existencia de un proceso de disolución que haga progresar una forma desarrollada sobre un plano de fuerte inclinación perpendicularmente a él. Por ello, pensamos que quizá el proceso originario de estas oquedades pueda tener algún rasgo en común con el que produce alveolos y tafonis en rocas granudas, cuyo origen parece ser resultado de una desagregación y, sobre todo, de la descamación de la roca. Sin embargo, para comprobarlo es preciso realizar un análisis detallado de la composición, textura y estructura de estas calizas, lo cual será objetivo prioritario en trabajos posteriores.

MICROKARST EN YESOS

La disolución del yeso es más rápida que la de los carbonatos, su velocidad aumenta con la temperatura hasta alcanzar el máximo a los 40° (Nicod, 1976). La mayor parte de los autores que han trabajado sobre el karst en yesos (Miotke, 1969; Nicod, 1976; Pulido, 1977 y 1982; Guarnido, 1979; Gustavson *et al.*, 1982), indican que las formas encontradas en ellos no difieren de las que se forman en un karst calizo.

Como señalamos en capítulos precedentes, se han identificado dos tipos de lapiaz que también lo han sido sobre calizas: rillenkarrren y solution pits. En líneas generales se han visto desarrollados sobre estratos y bloques fragmentados de yeso sacaroideo. Es muy frecuente encontrarlos asociados (foto 4).

Rillenkarrren

Presenta crestas agudas y surcos muy profundos. Su longitud media oscila en torno a los 15 cm., siendo la anchura de los surcos de 1 cm., así como su profundidad. Se ha observado en pendientes superiores a 20° e incluso en el frente vertical de una cantera en las cercanías de Zaragoza. El hecho de que, a diferencia de lo que sucedía en los formados sobre

calizas, se encuentren bien desarrollados, indica que son micromodelados funcionales en la actualidad. Sabemos que el clima en esta zona de la Depresión del Ebro, se caracteriza por tener precipitaciones escasas (y cuando éstas se producen son en muchas ocasiones de tipo tormentoso) y temperaturas extremas. Por lo tanto pueden favorecer la formación de lapiaz sobre los materiales yesíferos atendiendo a las pautas ya comentadas que esboza Nicod (1976).

Un condicionante importante en su formación es el tipo de yeso. Así no se ha detectado rillenkarrren sobre yeso fibroso, pero sí es abundante sobre el yeso sacaroideo, como hemos indicado. La causa es que debe haber una disolución diferencial por la que se liberan «granos»; esta liberación puede ser ayudada mecánicamente por los impactos de las gotas de lluvia y su posterior escorrentía.

Solution pits

Sus dimensiones son muy similares a las de aquellos encontrados sobre calizas. Al igual que ocurre con el rillenkarrren, se presentan mejor desarrollados que los observados en los carbonatos. En general, está asociado al lapiaz anterior (foto 4) y tan sólo cuando la superficie es totalmente horizontal, de tal modo que el agua no haya podido escurrir, es cuando se encuentra aislado.

CONCLUSIONES

Se han diferenciado seis tipos de lapiaz sobre las calizas mesozoicas y sólo dos en las neógenas. De ellos, cuatro se corresponden con formas bien descritas en la literatura: rillenkarrren, solution pits (que, aparentemente, están *sufriendo una denudación*), kluftkarrren y hohlkarrren (que parecen ser *formas heredadas*). Los otros dos son micromodelados, que en nuestra opinión corresponden con tipos no descritos, a los que denominamos «lapiaz en escalones con crestas rectas» y «lapiaz alveolar». Su origen es confuso, aunque pensamos que el primero de ellos se genera a partir del segundo. Sobre los yesos neógenos, solamente se han encontrado dos tipos de lapiaz: rillenkarrren y solution pits. Están muy bien desarrollados, lo que indica su *funcionalidad actual*.

BIBLIOGRAFIA

- BAUER, F., 1963: «Nacheiszeitliche karstformen in den österreichischen kalkhochalpen. 2.° Congr. Int. Spéléol. I. pp. 299-328.
- BÖGLI, A., 1960: «Kalklösung und karren Bildung». *Z. Geomorph., Suppl. 2*, pgs. 4-21.
- BÖGLI, A., 1980: «*Karst Hydrology and Physical Speleology*». Springer-Verlag, 271 p. Berlín.
- BULARD, P. F., 1972: «*Le jurassique moyen et supérieur de la chaîne ibérique sur la bordure du bassin de l'Ebre (Espagne)*». Thèse. Université de Nice. Faculté des Sciences Physiques, Chimiques et Naturelles. 702 p.
- DUNKERLEY, D. L., 1979: «The morphology and development of Rillenkarrén». *Z. Geomorph. N.F.*, 23, 2, pp. 332-348.
- FABRE, G. y NICOD, J., 1982: «Modalités et rôle de la corrosion crypto-karstique dans les karsts méditerranéens et tropicaux». *Z. Geomorph. N.F.*, 26, 2, pp. 209-224.
- GLEW, J. R. y FORD, D. C., 1980: «A simulation study of the development of rillenkarrén». *Earth Surface Processes and landforms*, 5, pp. 25-36.
- GUARNIDO, V., 1979: «Antequera y su pseudocarst sobre Triás y Mioceno». *Actas VI Coloquio de Geografía*, pp. 41-45. Palma de Mallorca.
- GUSTAVSON, T. C.; SIMPKINS, W. W.; ALMADES, A. y MOADLEY, A., 1982: «Evaporite dissolution and development of karst features on the rolling plains of the Texas Panhandle». *Earth Surface Processes and landforms*, 7 pp. 545-563.
- GUTIERREZ, M.; IBAÑEZ, M. J.; PEÑA, J. L.; RODRIGUEZ, J. y SORIANO, A., 1985: «Quelques exemples de karst sur gypse dans la Depresion de l'Ebre». *Karstologia*, 6, pp. 29-36.
- JENNINGS, J. N., 1971: «*Karst. An introduction to Systematic Geomorphology*». The M.I.T. Press, 252 p.
- MIOTKE, F. D., 1968: «Karstmorphologische Studien in der glazialüberformten Höhenstufe der "Picos de Europa" in Nordspanien». *Jahrb. Geogr. Ges. Hannover*.
- MIOTKE, F. D., 1969: «Gipskarst östlich Shamrock (Nordtexas)». *J. Internationalen Kongress für Speleologie*, pp. 1-16. Stuttgart.
- MIOTKE, F. D., 1972: «Die Messung des CO₂ - Gehaltes der Bodenluft mit dem Drägergerät und die beschleunigte Kalklösung durch höhere Fließgeschwindigkeiten. *Z. Geomorphol. N.F.* 16, pp. 93-102.
- NICOD, J., 1976: «Karst des gypses et des evaporites associées». *Annales de Géographie*, n.° 471, pp. 513-554.
- PEREZ CUEVA, A. y SIMON GOMEZ, J. L., 1979: «Evolución de algunos tipos de lapiaz sobre calizas cretácicas en "La Madalena" (Castellón). *VI Coloquio de Geografía*, 89-93. Palma de Mallorca.
- PULIDO-BOSCH, A., 1977: «El karst en yesos de Vallada (Valencia). Incidencia en la calidad química de las aguas». *Cuadernos de Geología*, 8, pp. 113-124. Universidad de Granada.
- PULIDO-BOSCH, A., 1982: «Consideraciones hidrogeológicas sobre los yesos de Sorbas (Almería)». *Reunión Monográfica sobre el Karst*. Isaba (Navarra), pp. 257-274.
- QUIRANTES, J., 1978: «*Estudio sedimentológico y estratigráfico del terciario continental de los Monegros*». Institución Fdo. el Católico, C.S.I.C., 200 p.
- REYNOLDS, D. L., 1961: «Lapiés and solution pits in olivine-dolerite sills at Slieve Gullion, Northern Ireland». *J. Geol.*, 69, pp. 110-117.
- RIBA, O.; MALDONADO, A.; PUIGDEFABREGAS, C.; QUIRANTES, J. y VILLENA, J., 1971 a: «*Mapa Geológico de España, E. 1:200.000*». Hoja n.° 32. Zaragoza. I.G.M.E. Madrid.
- RIBA, O.; VILLENA, J. y MALDONADO, A., 1971 b: «*Mapa Geológico de España, E. 1:200.000*». Hoja n.° 40. Daroca. I.G.M.E. Madrid.
- SWEETING, M., 1972: «*Karst landforms*». MacMillan Press, 361 p.
- TRUDGILL, S., 1985: «*Limestone Geomorphology*». Longman, 196 p.
- Van ZUIDAM, R. R., 1976: «*Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. Processes and landforms related to climatic changes in a large Mediterranean river basin*». Int. Inst. for Aerial Survey and Earth Sciences (I.T.C.), 211 p. Enschede.

Recibido, noviembre 1985.