

LAS FORMAS DEL LAPIAZ EN EL SECTOR NORTE DEL MACIZO DEL CORNIÓN, PICOS DE EUROPA

Karren forms in Northern Cornión Massif, Picos de Europa (Spain)

R. Santos Alonso⁽¹⁾ y J. Marquínez García

INDUROT. Universidad de Oviedo Campus de Mieres. Mieres 33600. Fax: 985 458110 (1) Email: ruben@indurot.uniovi.es

Resumen: El macizo calcáreo de los Picos de Europa es rico en formas de lapiaz de muy diversa naturaleza cuya distribución está controlada tanto por factores internos del substrato rocoso como por condicionantes externos relacionados con la topografía, el clima y el grado de desarrollo del suelo y la cubierta vegetal. Un reconocimiento de la distribución y características de estas estructuras de disolución a lo largo de un sector de este macizo permite realizar una descripción sistemática de ellas y discutir la influencia de los condicionantes internos y externos, así como su importancia relativa en la configuración del lapiaz. Las discontinuidades de la roca y el desarrollo de la cubierta edáfica son los principales factores que controlan el desarrollo del lapiaz, aunque otros factores tales como la pendiente y la presencia de cubierta nival parecen ejercer también una cierta influencia.

Palabras clave: lapiaz, karst, Picos de Europa, Cordillera Cantábrica, Norte Península Ibérica

Abstract: Picos de Europa, a calcareous mountainous region in northwest Spain, is characterized by a wide variety of karren structures. The distribution of these solution forms is controlled by internal factors, which are in turn related to substrate, and external factors, such as topography, climate, soil development and vegetation. A survey of the distribution and characteristics of these structures is made, along with the spatial variability of their features in order to develop a systematic classification and discuss the relative influence of the internal and external factors in the formation of *karren*. Rock discontinuities and thickness of soil cover are the main factors controlling the development of *karren*, although the formation of these solution features is also influenced by some other factors, such as slope and the existence of snowpack.

Keywords: lapiaz, karst, Picos de Europa, Cantabrian Range, Northern Iberian Peninsula





Santos Alonso, R. y Marquínez García, J. (2005). Las formas del lapiaz en el Macizo del Cornión, Picos de Europa. *Rev. C. & C.*, 19 (1-2), 35-47.

1. Introducción

La disolución kárstica es uno de los principales agentes de modelado del relieve en los macizos montañosos calcáreos, siendo la responsable de la génesis de importantes accidentes topográficos tales como dolinas y valles kársticos. Auna mayor escala la disolución causada por las aguas meteóricas se manifiesta en forma de estructuras superficiales de

disolución del substrato rocoso que reciben el nombre genérico de *lapiaz* o *karren* (Cvijic, 1924; Bögli, 1960; Jennings, 1985; Pluhar y Ford, 1970). Las propiedades de este microrrelieve dependen fundamentalmente de las características del medio rocoso (composición, textura, presencia de discontinuidades, etc.) y de factores externos que condicionan el mecanismo químico de la disolución (temperatura, régimen de precipitaciones, cubierta vegetal, etc.).

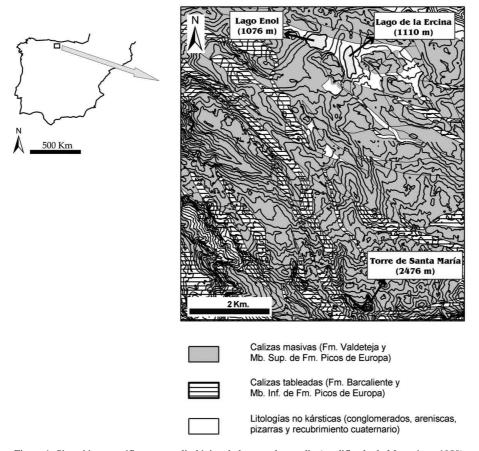


Figura 1. Situación geográfica y mapa litológico de la zona de estudio (modificado de Marquínez, 1989). Figure 1. Geographic situation and litological map of the study area (modified after Marquínez, 1989).

Las formas de lapiaz se encuentran ampliamente representadas en los Picos de Europa, en el sector oriental de la Cordillera Cantábrica, y particularmente en el Macizo del Cornión (Fig.1). El modelado de este macizo es fundamentalmente resultado de la acción de los hielos durante el último período glaciar y de la intensa karstificación que ha tenido lugar a lo largo del Cuaternario (Marquínez et al., 1990; Gale & Hoare, 1997). La parte central del macizo consiste en una plataforma de abrasión glaciar fuertemente karstificada y suavemente inclinada hacia el norte que se encuentra coronada por abruptos cordales y cumbres que superan los 2.000 metros de altura. Bordeando esta unidad montañosa, los cauces fluviales, profundamente encajados en el substrato, se alimentan de las aguas de infiltración de la plataforma superior (Marquínez et al., 1990).

El substrato rocoso del macizo del Cornión está compuesto esencialmente por calizas carboníferas agrupadas en cuatro unidades litoestratigráficas: a) Fm. Alba (Compte, 1959), caliza nodulosa de color rojo o grisáceo; b) Fm. Barcaliente (Wagner et al., 1971), calizas micríticas, laminadas y bien tableadas; c) Fm. Valdeteja (Wagner et al., 1971), calizas masivas grises; y d) Fm. Picos de Europa (Maas, 1974), con un miembro tableado inferior con intercalaciones pizarrosas y margosas y otro superior compuesto por calizas esparíticas masivas con intercalaciones bioclásticas. La deformación Hercínica dio lugar al apilamiento de estas unidades por emplazamiento de varias unidades cabalgantes, generando así una secuencia carbonatada de más de 2.000 metros de espesor. La deformación posthercínica es la responsable de la superposición de una intensa red de fracturación y dolomitización secundaria de algunas masas calcáreas (Marquínez, 1989).

A pesar de que los primeros estudios sobre el relieve de los Picos de Europa se remontan a finales del siglo XIX, la problemática de las formas del lapiaz no es tratada con detenimiento hasta la segunda mitad del siglo XX, cuando Miotke describe la morfología kárstica de esta región en una obra pionera en el estudio cuantitativo de los fenómenos kársticos (Miotke, 1968). Desde entonces el tema tan sólo ha recibido una atención secundaria en algunos trabajos de enfoque más amplio (Hoyos Gómez, 1979; Smart, 1986 y Marquínez *et al.*, 1990).

En este trabajo se aborda la descripción de las formas del lapiaz en el sector norte del Macizo del Cornión desde el punto de vista de su morfología y génesis, empleando para ello la nomenclatura utilizada en otras regiones para designar este tipo de estructuras (Bögli, 1960; Sweeting, 1972; Jennings, 1985; Ford & Williams, 1989; Ginés, 2004). Se discute además la influencia relativa de cada uno de los factores condicionantes del lapiaz en la distribución espacial de estas formas.

2. Metodología

Las observaciones llevadas a cabo en este trabajo se han centrado en un área del Macizo del Cornión de unos 18 km² que se extiende desde las cumbres vecinas a la Torre de Santa María, al sur, hasta los lagos Enol y Ercina, en el extremo norte. Las localidades de estudio engloban las situaciones más comunes bajo las que se desarrolla el lapiaz en relación con sus factores condicionantes. Se abarca así un amplio rango de altitudes (de 1080 a 2250 metros) y de substratos, aunque se excluye del estudio a la Fm. Alba debido a su escasa superficie de afloramiento.

La nomenclatura empleada en la clasificación de las formas del lapiaz se fundamenta principalmente en la desarrollada por Bögli (1960) en base a criterios genéticos. No obstante, también se han tenido en cuenta otras terminologías empleadas por autores posteriores (Sweeting, 1972; Jennings, 1985; Ford & Williams, 1989).

3. Resultados

La clasificación de las formas del lapiaz encontradas en el Macizo del Cornión se ha establecido fundamentalmente en función de su geometría y relación con discontinuidades en la roca. Se han distinguido así tres categorías básicas más un cuarto grupo que reúne formas de morfología diversa.

3.1 Formas de lapiaz relacionadas con heteroge - neidades de la roca

El proceso de disolución de las rocas carbonatadas tiende a resaltar las heterogeneidades que existen en ellas, de tal modo que las zonas menos solubles destacan sobre las más vulnerables a la disolución química. Aunque son posibles los relieves negativos, lo más frecuente es que las heterogeneidades posean una mayor resistencia a la disolución, y que por lo tanto den lugar a relieves positivos.

3.1.1. Lapiaz por heterogeneidades mineralógicas

Un primer tipo de heterogeneidades son aquellas de tipo mineralógico, donde el contraste en las tasas de disolución es debido a cambios en la composición y estructura de la roca. Los minerales relacionados con estas discontinuidades son el chert, el cuarzo, la calcita y la dolomita.

Los relieves de chert son característicos de la Fm. Picos de Europa y de la Caliza de Montaña, especialmente de su tramo tableado inferior. Se trata por lo general de silicificaciones en láminas paralelas a la estratificación (Fig. 2a) o que reemplazan a cantos de brechas calcáreas o a fragmentos bioclásticos (Fig. 2b). Tanto los niveles silicificados como las brechas calcáreas forman relieves fuertes y angulosos que destacan de manera muy clara por encima de la superficie del lapiaz.

Los relieves de cuarzo consisten en la mayor parte de los casos en tenues irregularidades positivas asociadas a delgadas venas de este mineral. En algunas localidades se han observado dispersos en la roca cristales idiomórficos de cuarzo de tamaño milimétrico a centimétrico que sobresalen varios milímetros de la matriz. Un relieve de cuarzo excepcional lo constituye el dique que aflora en las proximidades de la carretera a los Lagos de Covadonga, responsable de la formación de una cresta de 2 a 3 m de altura.

En ocasiones los restos fósiles de carbonato cálcico pueden llegar a destacar por encima de la superficie del lapiaz, incluso cuando están incluidos en una matriz de la misma composición. En estos casos





Figura 2. Relieves positivos generados por laminaciones de chert en el miembro inferior de la Fm. Picos de Europa (a) y tenues relieves asociados a fragmentos bioclásticos silicificados (b).

Figure 2. Positive relief associated to chert laminations in the lower Picos de Europa Formation (a) and smooth irregularities related to bioclastic fragments (b).

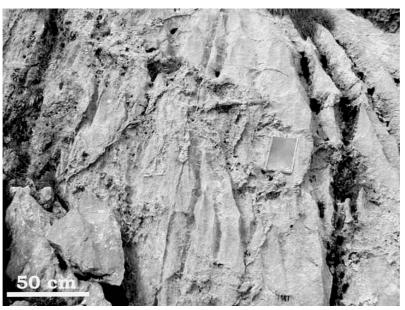


Figura 3. Relieves positivos asociados a la dolomitización de la Fm. Valdeteja. Figure 3. Positive relief associated to patches of Valdeteja Formation replaced by dolomite.

la mayor resistencia a la disolución de los fósiles parece estar asociada a diferencias texturales.

Las masas de dolomía secundaria que afloran en el área de estudio consisten en cuerpos irregulares de varias decenas de metros de diámetro que pueden extenderse radialmente a lo largo de fracturas y planos de estratificación. En general dan lugar a relieves positivos en la roca caliza que se caracterizan por el desarrollo de formas muy angulosas e irregulares (Fig. 3).



Figura 4. Splitkarren desarrollado sobre las calizas masivas de la Fm. Valdeteja. Figure 4. Splitkarren formed on massive limestone in Valdeteja Formation.

3.1.2. Lapiaz por heterogeneidades planares

Otro tipo de formas relacionadas con las heterogeneidades de la roca son aquellas que se desarrollan a lo largo de planos de debilidad que favorecen la circulación del agua y la disolución de la roca, tales como diaclasas y superficies de estratificación. Debido a la existencia de niveles de calizas tableadas y a los sistemas de fractura que afectan al macizo, este grupo de estructuras es uno de los más frecuentes en el lapiaz del Cornión.

La mayoría de estas aberturas son formas menores que apenas llegan a ensancharse unos pocos milímetros, dando lugar a un lapiaz tipo *splitkarren* (Fig. 4). Estas estructuras aparecen prácticamente en todos los afloramientos, incluso en aquellos donde el desarrollo del lapiaz es más reducido, como es el caso de las masas dolomíticas.

En torno a planos de debilidad mejor desarrollados la disolución da lugar a formas más abiertas con trazados de hasta varios metros de longitud. Este tipo de estructuras son las más extendidas en el Macizo del Cornión, y las anisotropías a favor de las cuales se desarrollan suelen ser planos de estratificación y diaclasas (Fig. 5a y 5b). En la literatura se conocen generalmente con el nombre de *gri-kes*, empleándose también el término *kluftkarren*

para describir de manera genérica al lapiaz dominado por estas formas.

En condiciones de lapiaz desnudo las paredes de los grikes son rugosas, pudiéndose desarrollar en ellas otras formas menores de disolución (Fig. 5a). Por el contrario, en lapiaces desarrollados bajo una cubierta edáfica y recientemente expuestos, los contornos son suaves y las formas secundarias tienen una importancia menor (Fig. 5b). Debido a que los grikes son zonas muy propicias para la acumulación de material y formación de suelos, es muy frecuente la combinación de ambos tipos de modelado, con formas de lapiaz cubierto en los fondos y paredes desnudas en la parte superior. La agresividad de las aguas edáficas da lugar a un mayor ensanchamiento de las zonas bajas de los grikes y a la aparición en sus paredes de cornisas conocidas como korrosions kehlen, o "fondo de saco".

Muy frecuentemente se superponen en un mismo afloramiento más de un sistema de discontinuidades, de tal modo que quedan aislados bloques de roca cuya morfología y tamaño dependen del número y disposición de las discontinuidades (Fig. 6). Estos bloques, denominados comúnmente *clints*, suelen desarrollar formas prismáticas de

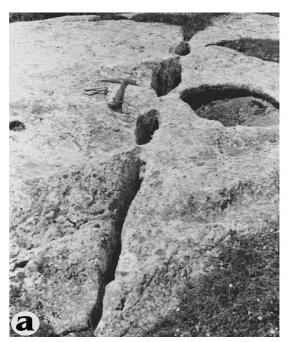




Figura 5. *Grikes* en lapiaz desnudo (a) y semicubierto (b). *Figure 5. Grikes in bare (a) and covered karren (b).*

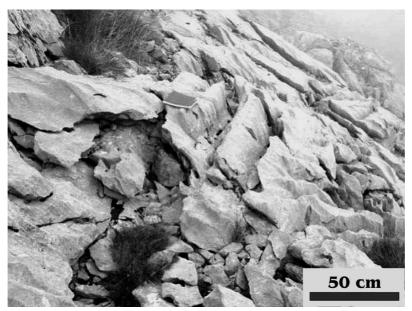


Figura 6. Clints desprendidos en una ladera de lapiaz desnudo. Figure 6. Dettached clints in a bare karren slope.

contornos redondeados por la disolución. Cuando existe más de un sistema de *grikes* verticales o subverticales, su intersección da lugar a estructuras deprimidas de planta circular que reciben el nom-

bre de *solution wells*. Estas depresiones pueden llegar a alcanzar más de dos metros de profundidad, y sus fondos se encuentran por lo general cubiertos por depósitos y suelos.

3.2 Formas de lapiaz canalizadas no relacionadas con heterogeneidades de la roca

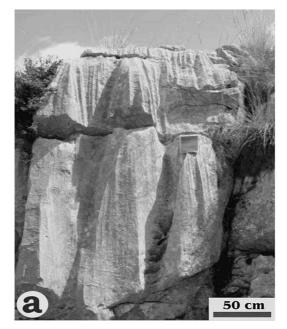
En muchos casos la disolución del substrato da lugar a formas canalizadas paralelas a la línea de máxima pendiente de las laderas. Estas estructuras, que actúan como colectores de las aguas superficiales, no guardan en principio ninguna relación con las superficies de debilidad de la roca, excepto en aquellos casos en los que la orientación de éstas superficies es vertical, dando lugar así a estructuras mixtas.

Un tipo muy particular de formas canalizadas lo constituyen aquellas que se desarrollan en superficies verticales o subverticales. Estas estructuras desarrollan típicamente longitudes que varían entre unos pocos centímetros a varios decímetros, con secciones transversales redondeadas que se difuminan progresivamente hacia abajo hasta desaparecer (Fig. 7a). El término *rillenkarren* es el más empleado en la literatura para referirse a este tipo de formas, que se interpretan como resultado de la disolución directa del agua de lluvia, sin que se llegue a producir canalización de la escorrentía (Bögli, 1960). La aparición de este tipo de formas es muy común en las unidades masivas del Macizo del

Cornión (Fm. Valdeteja y miembro superior de Fm. Picos de Europa), donde frecuentemente se agrupan dando lugar a aristas y crestas de bordes aserrados muy características de los lapiaces desnudos (Fig. 7b).

En superficies de lapiaz menos inclinadas se desarrollan estructuras canalizadas de morfologías variadas, aunque todas ellas con una característica sección redondeada. En planta su trazado puede ser desde recto hasta meandriforme, y las longitudes varían entre unos pocos centímetros y varios metros. Por lo general estas estructuras labran su camino hasta que algún cambio brusco de pendiente o alguna discontinuidad las corta.

Estas formas de disolución reciben el nombre de solution runnels, y el lapiaz a que dan lugar rinnenkarren. En las paredes rocosas más escarpadas es frecuente el desarrollo de solution runnels de trazado recto. Este tipo de lapiaz, que carece siempre de cubierta edáfica, se desarrolla preferentemente en la Fm. Valdeteja y la unidad masiva de la Fm. Picos de Europa, y se corresponde con el término wandkarren (Fig. 8a), por contraposición a mäanderkarren, que hace referencia a solution runnels de trazado meandriforme (Fig. 8b). Los solution runnels han sido inter-



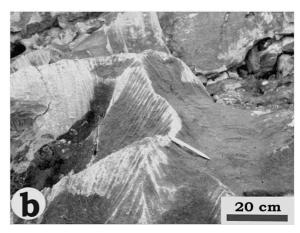


Figura 7. a) Rillenkarren desarrollado en la Fm. Valdeteja; b) Formación de crestas y aristas en rillenkarren. Figure 7. a) Rillenkarren developed in Valdeteja Formation; b) Sharp edges formed in rillenkarren.

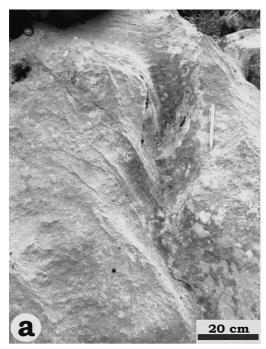




Figura 8. Solution runnels rectilíneos (a) y meandriformes (b) disueltos en la caliza masiva de la Fm. Valdeteja. Figure 8. Straight (a) and meandering (b) solution runnels in the massive limestone of Valdeteja Formation.

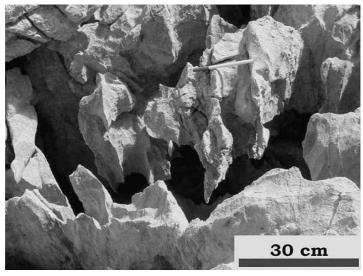


Figura 9. Lapiaz desarrollado en ladera nival.

Figure 9. Karren developed on a slope dominated by nivation.

pretados como estructuras hidráulicas de flujo canalizado (Bögli, 1960), con una morfología parcialmente controlada por la pendiente (Jennings, 1985). Así, en superficies abruptas suelen ser frecuentes los canales rectos, mientras

que los meandriformes son característicos de superficies más tendidas. Además, en el Macizo del Cornión parece existir una relación clara entre los canalizos meandriformes y los procesos nivales, pues éstos tienden a ser más abundantes en las cercanías de los neveros. Las cubiertas edáficas no impiden el desarrollo de *solution run -nels*; por el contrario, aquellos puntos donde el suelo ha sido exhumado revelan la presencia de canales de grandes dimensiones de perfiles redondeados (*rundkarren*).

La combinación de diferentes tipologías de solution runnels puede dar lugar a formas mixtas, como es el caso de canales meandriformes confinados entre paredes de canalizos rectos de mayores dimensiones (Fig. 8b). Esta asociación fue ya interpretada por Miotke (1968) como el resultado de la pérdida de suelo en un solution runnel seguida de una sobreexcavación del cauce en condiciones de lapiaz desnudo. Es también relativamente frecuente la formación en lapiaces desnudos de solution runnels con perfiles longitudinales escalonados.

En algunos casos la degradación de *solution runnels* y superposición de otras formas de disolución da lugar a microrrelieves muy irregulares con aparición de cornisas (Fig. 9). Tal y como apunta Miotke (1968), estas estructuras tienden a desarrollarse en torno a zonas nivales, en las áreas más altas del macizo. Este mismo autor sugirió también una participación de la gelifracción en la génesis de este tipo de lapiaz. A pesar de todo, se han reconocido en la zona de estudio algunas formas de lapiaz comparables a altitudes considera-

blemente menores, muy por debajo de las actuales zonas de nivación.

3.3 Formas de lapiaz con crestas no relacionadas con heterogeneidades de la roca

Bajo este epígrafe se agrupan varias formas de lapiaz de pequeñas dimensiones y poco relieve caracterizadas por el desarrollo de crestas que se orientan perpendicularmente a la pendiente de las laderas. Se trata de estructuras de poco relieve que tienden a desarrollarse sobre amplias superficies de roca desnuda, especialmente en calizas masivas.

3.3.1. Formas de crestas rectas

En el caso más sencillo, las crestas de estas estructuras son rectas y se disponen paralelamente a intervalos regulares, aunque pueden llegar a describir un trazado sinuoso o anastomosado. Este tipo de estructuras, denominadas *solution ripples*, suele desarrollarse sobre superficies de inclinación baja a moderada (Fig. 10) aunque también pueden aparecer en laderas escarpadas con una morfología ligeramente diferente. El origen de estas formas se relaciona con la acción de flujos laminares sobre superficies de roca desnuda (Bögli, 1960).



Figura 10. Solution ripples desarrollados sobre calizas masivas. Figure 10. Solution ripples on massive limestone.

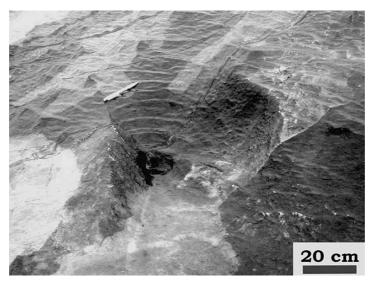


Figura 11. *Trittkarren* en calizas masivas. *Figure 11. Trittkarren on massive limestone.*

3.3.2. Formas de crestas curvas

En lapiaces desnudos de inclinación media es posible encontrar pequeños escalones de crestas cóncavas orientadas a favor de la pendiente. Se trata de formas más escasas que los *ripples*, con los cuales aparecen frecuentemente asociadas (Fig. 11), existiendo además términos intermedios entre ambas estructuras. Este tipo de lapiaz ya fue descrito en el Macizo del Cornión por Miotke (1968) como *trittkarren*, y su origen se relaciona también con la disolución generada por flujos laminares de agua de escorrentía.

3.4 Otras formas de lapiaz

En raras ocasiones la karstificación superficial de la roca se manifiesta en forma de una red de conductos tubulares que perforan la roca en varias direcciones. La geometría de estos sistemas parece estar controlada en todos los casos por las anisotropías de la roca, especialmente el diaclasado, y se caracterizan por desarrollar diámetros del orden de varios centímetros. Estructuras similares a éstas fueron descritas por Pluhar y Ford (1970), quienes emplean el término *pit-and-tunnel* para denominar al lapiaz resultante. Estos mismos autores interpretaron la formación de estas redes de conductos como un tipo particular de disolu-

ción controlada por la red de discontinuidades de la roca.

En aquellos casos en los que la orientación de la estratificación es opuesta a la de las laderas, se forman voladizos de roca con una superficie inferior protegida de la incidencia directa de la lluvia. Estas superficies muestran en ocasiones unas formas de disolución compuestas por pequeñas depresiones de menos de dos centímetros de diámetro y unos pocos milímetros de profundidad, separadas por finas crestas (Fig. 12). Hacia la parte alta, en el borde de los voladizos, estas crestas suelen suavizarse y adquirir un aspecto satinado. En todo caso, el alcance de estas formas de disolución es muy limitado, pues se difuminan gradualmente hacia abajo hasta desaparecer por completo a pocos centímetros de la cresta del voladizo. Estas estructuras ya fueron estudiadas por Miotke (1968), quien las interpretó como relieves de disolución diferencial controlados por la textura de la roca. Sin embargo, no ha podido identificarse ningún tipo de estructura interna con una morfología comparable a la de estas formas de disolución que pueda ser responsable de su formación. El origen de este lapiaz podría estar relacionado con la actividad orgánica, cuya participación en el proceso de formación del karst resulta fundamental (Viles, 1984; Ginés, 2004).

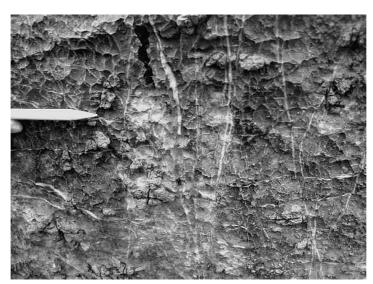


Figura 12. Pequeñas depresiones de disolución en voladizo del miembro tableado de la Fm. Picos de Europa. Figure 12. Small solution pits beneath a cantilever rock in the lower Picos de Europa Formation.



Figura 13. Kamenitza desarrollada en las calizas masivas de la Fm. Picos de Europa.

Figure 13. Kamenitza in the massive Picos de Europa Formation.

Las depresiones desarrolladas en superficies horizontales o subhorizontales, conocidas como *kamenitzas* o *tinajitas*, no son muy frecuentes en el Macizo del Cornión en comparación con otras formas de lapiaz. Estas estructuras desarrollan diámetros de menos de un metro y profundidades del

orden de varios centímetros (Fig. 13). Las *kamenit - zas* se encuentran en ocasiones parcialmente cubiertas por suelos, y en algunos casos en los que no existe cubierta edáfica una pátina blanquecina en la superficie de la roca es testigo de su reciente desaparición (Miotke, 1968).

Tabla 1. Influencia de los factores condicionantes en el desarrollo de las formas del lapiaz en el Macizo del Cornión.			
Table 1. Factors influencing the development of karren forms in the Cornión Massif.			

	Factores condi-	Formas de lapiaz que favorecen	
Factores internos	Presencia o ausencia de discontinuidades plana- res (estratificación y fracturas)	Litologías masivas	Rillenkarren Trittkarren Solution ripples
	Hacturas)	Litologías tableadas	Kluftkarren (grikes) Splitkarren Flachkarren (clints)
	Mineralizaciones		Relieves positivos
Factores externos	Cubierta edáfica	Lapiaz desnudo	Rillenkarren Solution ripples Trittkarren
		Lapiaz cubierto	Rundkarren
	Actividad nival		Formas degradadas Solution runnels escalo- nados y meandriformes
	Pendiente	+	Rillenkarren Wandkarren Mäanderkarren Trittkarren Solution ripples Kamenitzas

4. Conclusiones

Las observaciones llevadas a cabo en el Macizo del Cornión demuestran que el modelado kárstico superficial ha dado lugar a una gran variedad de formas de lapiaz. La mayor parte de estas formas puede atribuirse a estructuras similares a las descritas por otros autores en contextos geográficos diferentes. Se reconocen además algunas formas mixtas resultado de la combinación de diferentes procesos de disolución.

Tanto la distribución como la geometría de las formas del lapiaz están controladas por una serie de factores condicionantes interrelacionados que son responsables de la gran variedad de formas de disolución existentes. La tabla 1 muestra de una manera descriptiva la influencia de estos factores.

El condicionante interno más importante es la naturaleza y distribución de discontinuidades tales como planos de estratificación, superficies de diaclasado y mineralizaciones. Así, las litologías masivas favorecen el desarrollo de lapiaces tipo *rillkarren* y otras formas de disolución de flujos laminares, como los *solution ripples* y *trittkarren*. Por el contrario, en litologías tableadas o con mineralizaciones es frecuente el ensanchamiento de planos de discontinuidad a diferentes escalas y la aparición de relieves positivos.

En cuanto a los factores externos, el grado de desarrollo de la cubierta edáfica es sin duda el condicionante más importante en el desarrollo del lapiaz. Tal y como ocurre en otras zonas kársticas, las tasas de disolución son mucho más elevadas en lapiaces cubiertos debido a la presencia de ácidos orgánicos, dando lugar a formas muy abiertas y de contornos redondeados, como es el caso de los *grikes* con fondos de saco (Jennings, 1985). En condiciones de lapiaz desnudo la disolución del substrato tiende a generar formas más angulosas y superficiales; los lapiaces desnudos son además el único medio en el que se llegan a desarrollar formas hidráulicas tipo *rillkarren*, *trittkarren* y *solution ripples*.

Otro importante factor externo que condiciona el lapiaz es la distribución de áreas nivales, donde es frecuente la presencia de *solution runnels* meandriformes o con perfiles escalonados, así como la intensa degradación de otras estructuras y formación de un microrrelieve muy irregular. La elevada capacidad disolvente de las aguas de fusión y la actuación combinada de los procesos de gelifracción pueden ser las causas de la aparición de estas estructuras (Miotke, 1968). La pendiente condiciona también de una manera fundamental la distribución de las formas de disolución, existiendo una gradación continua desde las formas típicas de bajo gradiente hasta las desarrolladas sobre afloramientos verticales

Aparte de los factores condicionantes discutidos aquí, el desarrollo del lapiaz en el Macizo del Cornión está sin duda influenciado por otros factores, tales como la orientación de las laderas y la distribución de las precipitaciones. Su estudio implicaría una descripción más precisa de la distribución espacial de las formas del lapiaz, así como un conocimiento detallado del régimen de lluvias y precipitaciones en forma de nieve.

Agradecimientos

Los autores quisieran expresar su agradecimiento a la dirección del Parque Nacional de Picos de Europa por la ayuda prestada durante el trabajo de campo. Agradecen también las sugerencias y comentarios realizados por los revisores (Drs. Ángel Ginés y Javier Lario), que contribuyeron sustancialmente a mejorar el trabajo.

Referencias bibliográficas

- Bögli, A. (1960): Kalklösung und Karrenbildung. Z. Geomorph., Suppl., 2, 4-21.
- Compte, P. (1959): Recherches sur les terrains anciens de la Cordillere Cantabrique. Mem. Inst. Geol. Min. Esp., 60, 1-440.
- Cvijic, J. (1924): The evolution of lapiés: A study in karst physiography. Geographical Review, 14, 26-49.

- Gale, S.J. & Hoare, P.G. (1997): The glacial history of the northwest Picos de Europa of northern Spain. *Z. Geomorph. N. F.*, 41 (1), 81-96.
- Ginés, A. (2004): Karren. En: Enciclopedia of Caves and Karst Science (J. Gunn, ed.) Fitzroy Dearborn, New York and London, 470-473.
- Ford, D.C. & Williams, P.W. (1989): Karst geomorphology and hydrology. Unwin Hyman, London. 601 pp.
- Ginés, A. (2002): Geoecología de las formas de lapiaz y correlación entre los sistemas kársticos. En: Karst and Environment (F. Carrasco, J.J. Durán y B. Andreo, eds.). Fundación Cueva de Nerja, 402-409.
- Hoyos Gómez, M. (1979): El karst en Asturias durante el Pleistoceno Sup. y Holoceno. Tesis Doctoral Universidad Complutense. Madrid. 413 pp.
- Jennings, J.N. (1985): Karst Geomorphology. Basil Blackwell, Oxford, 293 pp.
- Maas, K. (1974): The Geology of Liébana. Cantabrian Mountains, Spain. Deposition and deformation in a flysch area. *Leidse Geol. Meded.*, 49, 379-465.
- Marquínez, J. (1989): Mapa geológico de la Región del Cuera y los Picos de Europa. *Trabajos de Geología*, Universidad de Oviedo. 18. 137-144.
- Marquínez, J., Farias P., Felicísimo, A.M., Villanueva, M., Humara, J.L., García, P., Menéndez, R. & Jiménez, M. (1990): Geología del Parque Nacional de la Montaña de Covadonga. ICONA(Informe inédito) 240 pp.
- Miotke, F.D. (1968): Karstmorfologische studien in der glacial übertormten Höhenstute der Picos de Europa. *Jahrbuch der Geographischen Gesellschft.*, 161 pp.
- Pluhar, A. & Ford, D.C. (1970): Dolomite karren of the Niagara escarpment, Ontario, Canada. *Z. Geomorph. N, F.*, 14, 392-410.
- Smart, P.L. (1986): Origin and development of glacio-karst closed depressions in the Picos de Europa, Spain. *Z. Geomorpho. N. F.*, 30 (4), 423-443.
- Sweeting, M.M. (1972): *Karst Landforms*. McMillan Press, London. 362 pp.
- Viles, H.A. (1984): Biokarst: review and prospect. *Progress in Physical Geography*, 8, 523-542.
- Wagner, R.H., Winkler Prins, C.J. & Ridding, R.E. (1971): Lithostratigraphic units of the lower part of the Carboniferous in northern León (with a "Note on some goniatite faunas" by C.H.T. Wagner-Gentis), Spain. *Trabajos de Geología*. Universidad de Oviedo, 4, 603-663.

Recibido 1 de febrero 2004 Aceptado 14 de febrero 2005