

ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LOS LAPIACES DE AGUJAS DEL CANTABRICO ORIENTAL

Juan Carlos García Cedrón

Aire zabaleko burdin meagintzak orratzeko karst ikusgarriak azaleratu ditu Kantabria eta Bizkaiko hamabi puntutan (beraietariko ezagunenak, Cabárceno-Peña Cabarga-koa berriki jolas parke bihurturik, gutxienez 270 Ha-ko azalera hartzen du). Beren topografía zehatzaren osagaiak dira: lapiazezko kale estuz osaturiko sare trin-koa, diaklasen norabidean garatuak, eta haien artean geratu diren hondar-orratzak, konika edo piramidalak eta hogeit metro arterainokoak. Benazko funts handirik gabe «klima tropikaleko» aro zehaztugabe baten herentzia morfoklimatikotzat hartua izanik ere, forma hauek sulfuro metalikoen aldaketaren eta ondoko azido sulfuikoaren ondorio dira. Modu horretara karst hauen kokapena esplikatzeko da, burdin mineralizazioa duten dolomietan soil-ki (eta hala du Europako zenbait lurraldetan), bai eta beraien garapena, gaur arte aldatu ez diren kanpoko klima baldintzekin zerikusirik ez duelarik.

La minería de hierro a cielo abierto ha permitido la exhumación de vistosos karsts de agujas en una docena de puntos de Cantabria y Vizcaya (el más conocido de los cuales, el de Cabárceno-Peña Cabarga, recientemente transformado en parque recreativo, ocupa no menos de 270 Ha de superficie). Su topografía de detalle está definida por una densa red de callejones de lapiaz, desarrollados a favor de la red de diaclasas, y por las agujas residuales cónicas o piramidales, y de hasta una veintena de metros de altura, que se conservan entre ellos. Considerados sin verdadero fundamento como herencia morfoclimática de una imprecisa época «de clima tropical», estas formas son consecuencia de la alteración de los sulfuros metálicos y de la liberación consiguiente de ácido sulfúrico. Ello explica la localización de estos karsts, exclusivamente en dolomías con mineralizaciones de hierro (y ello en varias regiones de Europa), así como su evolución, ajena a las condiciones climáticas externas e ininterrumpida hasta la actualidad.

Le travail des mines de fer à ciel ouvert a permis d'exhumer de magnifiques karsts à aiguilles dans une douzaine de points de Santander et de Vizcaya (le plus connu d'entre eux étant celui de Cabárceno-Peña Cabarga, récemment transformé en parc de loisirs, et qui occupe une surface d'au moins 270 hectares). Sa topographie de détail est déterminée par un dense réseau de couloirs de graphite, formés dans le sens du réseau de diaclasas, et par les aiguilles résiduelles de forme conique ou pyramidale, conservées entre les couloirs, et qui peuvent atteindre une hauteur de vingt mètres. Considérées sans trop de base comme un héritage morphoclimatique d'une période, assez imprécise, de «climat tropical», ces formes-là sont le résultat de l'altération des sulfures métalliques et de la libération d'acide sulhydrique résultante. Cela explique la localisation de ces karsts, uniquement dans des dolomies avec des minéralisations de fer (et cela dans plusieurs régions d'Europe), ainsi que leur évolution, sans rapport avec les conditions climatiques externes et ininterrompue jusqu'à nos jours.

La minería del hierro ha permitido la exhumación de paisajes kársticos peculiares en varios puntos de Cantabria y de Vizcaya. El ejemplo más espectacular y mejor conservado (a la vez que el más conocido por haber sido transformado en un parque zoológico enormemente frecuentado) es el de Cabárceno-Peña Cabarga, al sur de la Bahía de Santander, donde las actividades extractivas han sacado a la luz 270 Ha de sustrato calizo y dolomítico tras dos milenios de explotación ininterrumpida. No obstante, formas similares pueden reconocerse en, al menos, otra docena de lugares repartidos por las comarcas del Cantábrico Oriental sin que, hasta la fecha, hayan quedado definitivamente resueltos diversos problemas relativos a su génesis atribuyéndoseles frecuentemente un significado paleoclimático a todas luces erróneo.

Estos karsts, y en particular el de Peña Cabarga, constituyen complejas “ciudades encantadas” ocultas por espesos depósitos de arcillas ferríferas. Su visita o reconocimiento no es por ello posible en tanto no se produzca la extracción del mineral actividad que, paradójicamente, implica una destrucción parcial del karst y una radical transformación de las condiciones que permitieron su aparición y evolución posterior.

Su topografía de detalle está definida por una densa red de callejones de lapiaz y por las agujas residuales que se conservan entre ellos. Estas, tienden a adquirir formas cónicas o piramidales, a veces truncadas, con alturas que pueden superar los 20 metros, mientras que la anchura de los callejones, que adquieren un perfil en “V” muy cerrado, puede, en los casos más extremos, reducirse en su base a unos decímetros (aunque en las zonas más karstificadas la tendencia se invierte y las agujas llegan a aparecer aisladas como testigos últimos de una capa casi totalmente desmantelada).

El reconocimiento detallado sobre el terreno es difícil por la formación de escombreras, removilización de los depósitos (masiva y muy traumática en el caso de Cabárceno con motivo de su conversión en parque), por lo enmarañado de la vegetación que tiende a recolonizar los entornos mineros abandonados (Novales), por el gigantismo mismo de las formas objeto de análisis o por su destrucción parcial (Camargo, Somorrostro-La Arboleda...)

No obstante, el exámen de la fotografía aérea demuestra claramente la relación que existe entre los callejones y el campo regmático que, según el lugar, presenta una red de tipo romboidal, ortogonal o triangular en relación con la disposición de las grandes líneas estructurales que enmarcan y fragmentan los diferentes macizos (1). Todas estas fracturas, responsables de la orientación y profundidad de los callejones de lapiaz, se entrecruzan formando mallas más o menos densas de las que dependen las dimensiones y la forma de las agujas, resaltes residuales cuyas culminaciones permiten reconstruir sin dificultad la topografía previa a la exhumación del karst.

(1) GARCIA CODRON, J.C. (1989). Los lapiaz de agujas de Peña Cabarga (Cantabria), génesis y significado de una forma original. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 15, pp. 17-28.

En algunos lugares, allí donde se entrecruzan haces complejos de diaclasas, o donde éstas confluyen con algunas de las fallas que surcan el macizo, la disolución ha sido más importante apareciendo depresiones de diámetro hectométrico y varias decenas de metros de profundidad relativa. Al encerrar los mejores bolsones de mineral, tales depresiones han sido muy desfiguradas por las actividades extractivas aunque su presencia y significado morfológico resultan fáciles de imaginar. Aparte de estas formas, las dolinas "clásicas" son escasas y de reducidas dimensiones no apareciendo de forma significativa más que a lo largo de determinadas fracturas y planos de estratificación en las zonas culminantes de los macizos de Peña Cabarga o de Somorrostro.

Los rellenos que colmatan los lapiaces varían de unos karsts a otros de acuerdo con su posición topográfica y con su historia reciente. Así, tras la desaparición de las arcillas originales, pueden aparecer fosilizados por arenas de playa más o menos cementadas (Sonabia), por arenas gruesas y coluviones silíceos (Islares) o, incluso, mostrarse completamente desnudos localmente. Sin embargo, en condiciones normales, predominan los rellenos arcillosos, muy voluminosos en algunos lugares habida cuenta la gran pureza y escaso residuo insoluble de los estratos carbonatados, con, entre otras, illita, kaolinita y clorita (2).

La presencia de la clorita puede plantear algunos problemas por no aparecer entre las arcillas de descalcificación de estos karsts. Sin embargo, dado que se limita a la proximidad de los diapiros que rodean al macizo de Peña Cabarga, puede relacionarse con acciones hidrotermales localizadas y con aportes procedentes del vecino Keuper.

Fuera de estos lugares sin embargo, el relleno, tanto de arcillas como de sulfuros y óxidos de hierro, es forzosamente autóctono: los karsts de agujas son postectónicos (las formas principales se han desarrollado sobre fracturas alpinas y las agujas y callejones están siempre en una posición perfectamente vertical independientemente de cuál sea el buzamiento de los estratos a costa de los que se desarrollan) y es impensable que rellenos situados en las zonas culminantes de Peña Cabarga, de Peñas Blancas (Zamundi-Baracaldo) o, pese a su menor altitud, del Alto del Bosque (Marina de Cudeyo) puedan haber llegado a su posición actual desde el fondo de los valles circundantes.

Las arcillas de los karsts de agujas engloban además grandes "bolos" dolomíticos de escala métrica de aristas y formas relativamente redondeadas. Tampoco parece posible, dadas sus dimensiones, que tales "bolos" hayan sufrido un transporte a través del karst por lo que deben considerarse como bloques residuales desprendidos a favor de las diaclasas a medida que se iba produciendo la disolución (aparecen en medio de las arcillas y muestran signos de haber ido karstificándose en esta posición). Ello nos obliga, a la vista de su volumen y posición, a admitir que la disolución ha podido afectar en algunos lugares a espesores de roca mayores de los que parece (lo que, de paso, podría explicar el volumen, aparentemente desproporcionado, de las arcillas de descalcificación).

En segundo lugar, las arcillas contienen abundantes nódulos de sulfuros y, sobre todo, de óxidos de hierro. No clasificados ni estratificados, presentan un aspecto muy variable aunque, en general, son negros, presentan un brillo metálico a acaramelado, tienen formas arriñonadas y dimensiones milimétricas o centimétricas. Aunque son muy frecuentes siempre (se han explotado bolsones con un contenido superior al 30% en nódulos de hierro) abundan más cuanto más nos alejemos de la superficie. Presentan además una distribución muy inte-

(2) ROHOU, P.; BARBANSON, L.; LANDIN SAENZ, M.; PERTHUISOT, V. (1986). Un exemple de karst fossile dans l'Urgonien Cantabrique: la mine de fer d'Orconera (Province de Santander, Espagne). *Jornadas sobre el karst en Euskadi*, San Sebastián, pp. 30-1306

resante predominando los óxidos de hierro hidratados o resultantes de una alteración (limonita y minerales afines) cerca de la superficie, óxidos de hierro simples (tipo hematites o goetita) por debajo de 2-3 metros de profundidad y, por fin, los nódulos "mixtos" que bajo una capa de óxidos de hierro conservan un núcleo de sulfuros (pirita o marcasita normalmente), en los niveles más profundos.

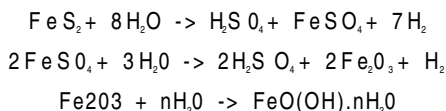
Junto a los nódulos, y reposando en ocasiones directamente sobre la dolomía o incluso encostrándola, existen bloques de hasta varios metros cúbicos de volumen de óxidos o sulfuros de hierro, frecuentemente oquerosos por alteración y disolución de los carbonatos encerrados en ellos (en cuyo caso las microcavidades suelen encerrar concreciones de goetita o de hematites o, incluso, pseudoestalactitas de limonita).

Si los nódulos y tal vez incluso los bloques parecen encontrarse "in situ" mezclados con las arcillas, los encostramientos deben ser resultado del transporte de sulfuros de hierro en solución y de su precipitación inmediata sobre la dolomía ya parcialmente karstificada. Aunque el hecho es poco frecuente, resulta ilustrativo de la complejidad de las interacciones que las sucesivas cadenas de reacciones químicas han producido sobre el karst. En cualquier caso, el hecho es relativamente excepcional y no nos permite de ninguna manera inferir la existencia de un transporte masivo de los rellenos sobre un karst ya desarrollado (hipótesis defendida en varios estudios e informes inéditos anteriores que queda invalidada tanto por la dimensión de los bolos y bloques como por su imbricación entre las arcillas y las dolomías. Existen, de hecho, bloques metálicos encajados dentro de agujas y que se prolongan, sin solución de continuidad, a través del relleno de arcillas).

Todo parece indicar que los óxidos procedan en su mayor parte de la alteración "in situ" de los sulfuros de hierro (3) en una secuencia del tipo:

MARCASITA > HEMATITES-GOETITA > LIMONITA

que, en síntesis, puede expresarse de la siguiente forma:



Esta secuencia es del mayor interés pues supone la liberación de importantes cantidades de sulfatos que, por hidrólisis, dan ácido sulfúrico, a la vez que de gas carbónico que aumentará la presión de CO₂ del suelo y, con ella, la ya importante agresividad kárstica del agua.

De hecho, la disolución producida por el ácido sulfúrico es la responsable tanto de la originalidad morfológica como del enorme desarrollo de unos karsts que sólo aparecen allí donde existen sulfuros y óxidos metálicos. Los verdaderos lapiaces de agujas no aparecen fuera de los depósitos carbonatados aptienses del denominado "Complejo Urgoniano Cantábrico" (4) que son los que encierran las mayores reservas de minerales metálicos. El resto de

(3) ROHOU, P. (1984). *Contribution à l'étude de la mine de fer d'Orconera. Cantabrie. Espagne*. Mémoire du D.E.A., Université d'Orléans (inédito). Citado en:

Rohou, P.; Barbanson, L.; Perthuisot, V. (1988). La sédimentation dans un paléokarst de l'Urgonien Cantabrique (Province de Santander, Espagne): apports et problèmes. *Annales de la Société géologique de Belgique*, T. 111, pp. 163-171.

Ver también: GARCIA CODAON, J.C. (1989) op. cit.

(4) RAT, P. (1959). *Les Pays Crétacés Basco-Cantabriques (Espagne)*. Publ. Univ Dijon. Dijon.

los afloramientos calizos y dolomíticos de la región (ya sean del Carbonífero, Jurásico, Cretácico o Terciario) están expuestos a condiciones y procesos similares a los que sufre el Aptiense y suelen estar intensamente karstificados pero no han desarrollado formas como las que nos ocupan.

Pero es más, dentro del mismo "Complejo Urgoniano", que se caracteriza por su variedad y por sus bruscos cambios de facies, la aparición de lapiaces de agujas se limita prácticamente a los tramos dolomitizados pese a que las dolosparitas resultantes son, en teoría, menos karstificables que las biomicritas circundantes. Ello tiene su explicación si tenemos en cuenta que sólo las dolomías, resultantes de construcciones arrecifales en las que reinaban condiciones anaerobias favorables al depósito de sulfuros, encierran grandes proporciones de mineral y que, por tanto, sólo las dolomías se han visto sometidas a la acción del ácido sulfúrico (5).

Todos estos hechos parecen demostrar inequívocamente el carácter litológico de unas formas peculiares que adquieren su máxima expresión en el norte peninsular pero que no son exclusivas de él: existen lapiaces de agujas o relieves ruiformes asimilables a ellos desde el Cerro del Hierro en Sevilla hasta la Roche à Lomme, cerca de Couvin (Bélgica) en lugares cuyo único rasgo común es la presencia de sulfuros y de óxidos de hierro sobre un sustrato carbonatado (que normalmente, y tal como ocurre en el Urgoniano Cantábrico, deriva de construcciones arrecifales).

Todo esto nos lleva a otra conclusión importante: los lapiaces cantábricos de agujas carecen absolutamente de significación morfoclimática y su clásica consideración como "forma relictas" y disfuncional heredada de algún interglacial reciente cálido y húmedo, "llegando a tropical" (6) no puede sustentarse por mucho que presenten ciertas analogías, puramente morfológicas, con ciertas formas descritas en los trópicos (formas que, por otra parte, tampoco pueden considerarse como características de aquellas latitudes: la descripción de los "karsts tropicales" suele exagerar el protagonismo de las formas "peculiares" ignorando demasiadas veces las que son similares a las de los "karsts clásicos") (7).

Por eso, si es cierto que los depósitos o los suelos contenidos en algunos sectores de los karsts de agujas deberían corresponderse en buena lógica con fases cálidas recientes, otros parecen haberse desarrollado en momentos fríos. En esa dirección parecen apuntar los resultados de algunos análisis polínicos (8) la aparición de *Elephas primigenius* entre las arcillas ferríferas de Peña Cabarga (9) y el hecho de que algunos de ellos se encuentren en la actualidad en la franja intermareal (herencia de una fase regresiva -y por tanto fría- reciente, estos lapiaces están siendo rápidamente vaciados y desmantelados por acción del oleaje como puede observarse en la playa de Sonabia).

Pero la evolución de los lapiaces de agujas, independientes, como se ha visto, del clima, prosigue en la actualidad. Así, si algunas de las formas hoy observables son herencias

(5) GARCIA CODRON, J.C. (1989). op. cit.

(6) LLOPIS LLADO, N. (1970). *Fundamentos de hidrogeología cársica*. Blume, Madrid.

GOMEZ DE COS, M.F.; PEDRAJO PEREZ, M.A.; GONZALEZ CUBILLOS, A.I. (1980). *Proyecto para la explotación y tratamiento de tierras mineralizadas en el karst de Peña Cabarga (Santander)*. AGRUMINSA, informe inédito.

(7) GARCIA CODRON, J.C. (1990). Karst de «tipo tropical» en Europa; el problema de la convergencia de formas. *Congreso Internacional de 50 aniversario de la Sociedad Espeleológica de Cuba*. La Habana 1990, pp. 5.

(8) FARJANEL, G. (1987). Analyse palynologique de 3 échantillons en provenance de la mine de fer d'Orconera (Espagne). *Etude B.R.G.M. 87Géo. Séd.* 018 (inédito). Citado en:

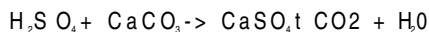
Rohou, P. (1988). op. cit.

(9) CARBALLO, J. (1912). Descubrimiento de restos de «mammuth» y de otros mamíferos en el cuaternario ferrífero de Pánames (Santander). *Bol. Soc. Esp. Histo. Nat.* 12, pp. 193-195.

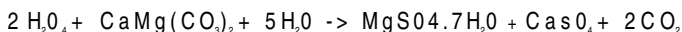
de un pasado reciente (lo que en absoluto permite hablar, como se ha hecho en ocasiones, de "paleokarsts prealpinos" (10)), otras, sin embargo, son perfectamente funcionales y parecen evolucionar a buen ritmo (lo que no impide que, en ciertos casos, puedan tener un origen bastante antiguo).

Ello explica, a la vez que es consecuencia de ella, la disposición actual de los óxidos y sulfuros de hierro en el seno de las arcillas: en los niveles superficiales, el proceso se encuentra en una fase muy avanzada y la total oxidación de los sulfuros ha acabado transformándolos en ocre y limonitas. El depósito es bastante ácido, más, probablemente, por lixiviación que por la permanencia de ácido sulfúrico (la presencia de sulfatos es muy limitada) aunque ambos factores pueden haber sumado sus efectos observándose incluso un inicio de edafogénesis y de empardecimiento de los niveles superiores bajo una cubierta vegetal acidófila.

En niveles profundos, la alteración actual de las piritas y marcasitas, cada vez más abundantes, permite la liberación de ácido sulfúrico. Este hace bajar el pH a valores comprendidos entre 5 y 6 y está asociado a contenidos crecientes de iones sulfato en el relleno. Por fin, cuando el agua acidulada alcanza por efecto de la gravedad la base carbonatada del depósito, se produce la correspondiente y definitiva reacción con producción de yeso y epsomita:



o, en el caso de las dolomías,



Las soluciones resultantes pasan entonces a ser marcadamente alcalinas (se han medido valores de pH comprendidos entre 7.6 y 8.1) por efecto de su elevado contenido en sales procedentes de la disolución de la caliza.

De esta manera, la exportación de los componentes iniciales de calizas y dolomías en forma de sulfatos (prueba concluyente de que la cadena de reacciones químicas propuesta tiene lugar) debe ser, a juzgar por los indicios disponibles, bastante importante. La práctica totalidad de las fuentes, entre las que se encuentran las de los balnearios de Solares y de la Fuente del Francés presentan un alto grado de mineralización por bicarbonatos y contienen además diversos sulfatos (34 mg/litro en el caso de Solares) existiendo incluso algunas marcadamente purgantes por su alto contenido en epsomita (como la de La Vena en Puente Arce, Piélagos-Cantabria),

Por fin, los cristales de yeso o las típicas estructuras fibrosas de la epsomita, prácticamente inexistentes en el resto de la región, suelen adornar las cavidades de estos karsts (que, salvo excepciones, tienen por otra parte un desarrollo muy modesto (11)). El caso más espectacular es probablemente el de "La Recueva" en Villaverde de Pontones cuyas paredes aparecen localmente recubiertas de un yeso filamentoso que no puede proceder más que del inmediato karst del Alto del Bosque.

Por lo que respecta al contenido en bicarbonatos disueltos de las aguas resurgentes o de escorrentía, se observa una notable variabilidad de un macizo a otro. Los valores medios

(10) HOYOS, M.; HERRERO, N. (1989). El karst en la Cornisa Cantábrica. In: DURAN VALSERO, J.J.; LOPEZ MARTINEZ, J. (eds.): El karst en España. Monografía 4 Sociedad Española de Geomorfología.

(11) LEON GARCIA, J. (1989). *Las grandes cavidades de Cantabria*. Catálogo de cavidades de Cantabria. Federación Cantábrica de Espeleología, Santander.

registrados en la periferia de Peña Cabarga (que al coincidir bastante bien con los publicados por el balneario-fuente de Solares pueden considerarse como representativos de la zona) son próximos a los 240 mg/litro, ligeramente superiores a los que hemos tenido ocasión de estimar en otras surgencias de la región, lo que supone una tasa teórica de disolución anual bastante elevada (12) que demuestra sin lugar a dudas la importancia y funcionalidad actual de estos karsts del Cantábrico Oriental

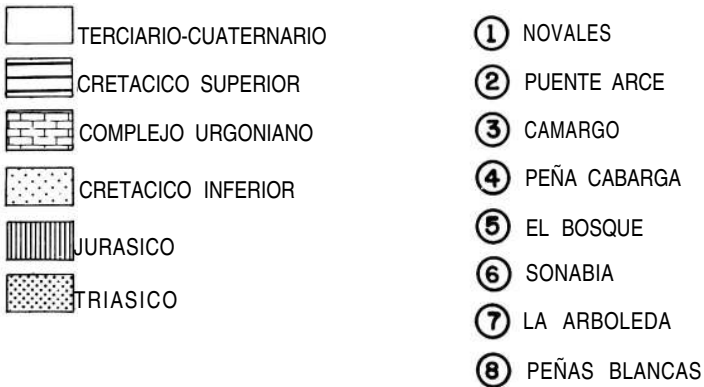
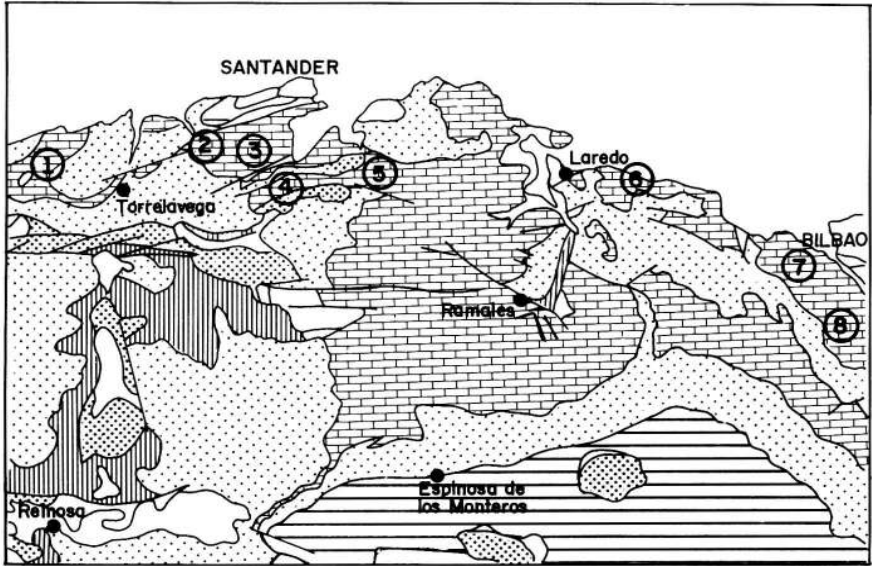


FIGURA 1: Localización de los lapiaces de agujas mencionados en el presente artículo.

(12) GARCIA CODRON, J.C. (1989). La influencia del clima. In: DURAN VALSEAO, J.J.; LOPEZ MARTINEZ, J. (eds.): *El karst en España*. Monografía 4 de la Sociedad Española de Geomorfología.