OBSERVACIONES MORFOMÉTRICAS SOBRE LA PROFUNDIDAD DE ESTRÍAS DE LAPIAZ *(RILLENKARREN)* EN MALLORCA

por María BORDOY y Ángel GINÉS*

Resum

Es presenten els resultats d'una campanya de mesures d'estries de lapiaz a 11 localitats de la Serra de Tramuntana (Mallorca). Les observacions morfomètriques realitzades semblen demostrar una tendència a la disminució de la profunditat de les estries amb l'altitud de les localitats, la qual cosa podria relacionar-se amb els gradients climàtics que es manifesten a la Serra.

Abstract

This paper presents the results obtained from several sets of rillenkarren measurements (depth and width) at eleven locations of Serra de Tramuntana mountains in Mallorca. Morphometric data show a clear trend characterized by increasing depths of the rills at lower altitudes above sea level. These observations do agree with some of the main climatic gradients that can be recognized in the mountains of Serra de Tramuntana; especially with mean temperature values.

Introducción

Desde los primeros estudios geomorfológicos de J. CVIJIC y E. DE MARTONNE en los que se reconocía la originalidad del relieve kárstico, las formas de *lapiaz (= karren)* han sido consideradas parte destacada del paisaje que lo caracteriza.

Varios intentos de sistematizar la notable diversidad tipológica del lapiaz se encuentran en los trabajos de BÖGLI (1960, 1980), JENNINGS (1971, 1985), SWEETING (1972), WHITE (1988) y FORD & WILLIAMS (1989). A pesar de todo, la clasificación y la terminología del lapiaz es todavía confusa y poco precisa; aunque sin duda uno de los tipos de lapiaz mejor definidos en la bibliografía es el denominado *Rillenkarren,* tal como aparece descrito por BAUER (1962), SWEETING (1972), PERNA & SAURO (1978), BÖGLI (1980) y FORD & LUNDBERG (1987). Los pequeños surcos rectilíneos que constituyen esta morfología de lapiaz han sido también denominados *solution flutes* (JENNINGS, 1971), *rills* (WHITE, 1988; FORD & WILLIAMS, 1989), *cannelures* (GÈZE, 1973; MAIRE, 1980), e incluso *firstrillen* (BAUER, 1962) y *kannelierungen* (TRIMMEL, 1965) en algunas zonas de expresión alemana. Estos términos serán aquí traducidos por *estrías de lapiaz,* o mencionados abreviadamente como *rills,* debido a la casi inexistencia de trabajos geomorfológicos sobre estos temas en lengua castellana.

Los problemas físico-químicos relacionados con el origen del *Rillenkarren* han dado lugar a un largo debate que se puede seguir en las publicaciones de BÖGLI (1960, 1980), DUNKERLEY (1979), HEINEMANN et al. (1977), y sobre todo en las aportaciones de GLEW (1977), GLEW & FORD (1978) y FORD & LUNDBERG (1987), basadas en modelos experimentales de escayola. Menos atención han ocupado los estudios morfométricos, pues son escasos los datos cuantitativos disponibles y con frecuencia las medidas publicadas son tan sólo aproximadas y sin suficiente

* Federació Balear d'Espeleologia; Laboratori d'Ecologia, Universitat de les Illes Balears, carretera de Valldemossa, km 7,5. 07071 Palma de Mallorca.

base estadística. Los estudios de HEINEMANN et al. (1977) y DUNKERLEY (1979) contienen una muy interesante información morfométrica, pero no incluyen datos sobre la profundidad de las *estrías de lapiaz.* Los únicos trabajos consultados que contienen mediciones, tratadas estadísticamente, sobre la profundidad del *Rillenkarren* son los de LUNDBERG (1977), realizado en el karst australiano de Chillagoe, y GIL (1989), que tiene por objeto un campo de lapiaz del País Valenciano.

Observaciones realizadas

Debido a la escasez de trabajos dedicados a la cuantificación de las características del lapiaz, se llevó a cabo un estudio morfométrico de las *estrías de lapiaz (Rills)* en las montañas de la Serra de Tramuntana (Mallorca), donde la presencia de esta tipología es importante. La Serra resulta ser un lugar óptimo para estos estudios, pues las diferencias que pueda haber entre las distintas localidades difícilmente pueden atribuirse a diferencias en la litología: casi todos los materiales karstificables son calizas muy puras.

De Marzo a Junio de 1990 se muestrearon 11 localidades, de 50 m^2 cada una, en las que se midieron la anchura y la profundidad de 100 rills; todas las medidas se tomaron a una distancia inferior a los 10 cm de la cresta de la roca. Al mismo tiempo, se anotó la altitud sobre el nivel del mar a la que se encuentra cada estación. Se intentaba así establecer una eventual relación, más o menos ajustada, con los gradientes altitudinal y climático, ya que el clima parece influir en el origen y desarrollo del Rillenkarren.

Las localidades muestreadas (a las que se les atribuye un código de referencia) se señalan a continuación, indicando su cota s.n.m. y las coordenadas de la esquina inferior izquierda de la cuadrícula kilométrica UTM donde se encuentra la localidad:

CPL	cerca de la ctra. Pollença-Lluc, km. 10	140 m.	495-4413
CSC	cerca de la ctra. de Sa Calobra, km. 10	190 m.	483-4410
CMM	camino al Torrent de Mortitx	300 m.	493-4414
SL1	Solleric, junto a la ctra. Alaró-Orient	310 m.	483-4399
SL2	Solleric, en bancales	320 m.	482-4399
CLL	cerca de Son Canta, en la ctra. de Lluc	340 m.	490-4404
LLC	en Lluc, cerca del campo de fútbol	480 m.	490-4408
MNT	Manut, zona recreativa	540 m.	491-4409
RTE	cerca del restaurante de Escorca, camino del Torrent de Pareis	590 m.	486-4409
CA1	Castillo de Alaró, junto a ruinas de torre	650 m.	482-4397
CA2	Castillo de Alaró, detrás de la ermita	760 m.	482-4398

Código localidad	Altitud s.n.m.	PROFUNDIDAD				ANCHURA			
		Media	Std. Dev.	Moda	n	Media	Std. Dev.	Moda	n
CPL	140	5,87	1,93	5	100	17,58	3,81	15	100
CSC	190	6,28	2,05	6	100	16,54	3,55	15	100
CMM	300	5,32	1,57	5	100	14,77	4,12	15	100
SL1	310	5,98	1,86	5	100	14,98	4,06	15	100
SL2	320	5,76	1,50	6	100	14,14	3,33	15	100
CLL	340	5,17	1,61	5	100	16,04	3,33	15	100
LLC	480	5,27	1,80	6	100	16,53	3,78	15	100
MNT	540	4,25	1,75	3	100	14,30	4,82	15	100
RTE	590	5,01	2,16	5	100	14,39	3,93	15	100
CA1	650	3,91	1,46	3	100	15,57	4,77	15	100
CA2	760	3,79	1,43	3	100	14,26	3,62	15	100

Todas las medidas están expresadas en milímetros.

Tabla I

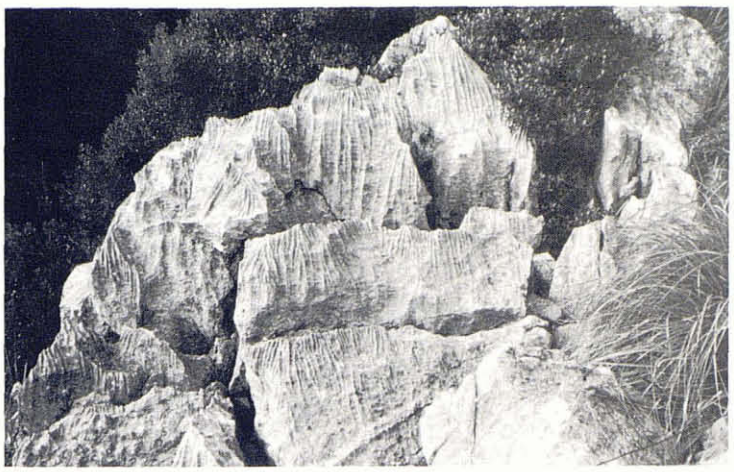


Foto 1:
Estrías de lapiaz junto a la localidad CLL (Escorca).

En la Tabla I se exponen, tratados estadísticamente, los resultados de estas mediciones.

Llama la atención la constancia que presentan las medidas de anchura de los *rills*: la moda es, en todos los casos, de 1,5 cm, y las medias oscilan entre 1,4 y 1,7 cm.

La profundidad, por el contrario, no presenta ningún tipo de constancia: las modas se encuentran entre 3 y 6 mm, y las medias entre los 3,79 y 6,28 mm.

Se observa además una mayor profundidad de las estrías de lapiaz en las localidades situadas a menor altitud s.n.m. Esto se ve con más claridad en las gráficas de distribución de frecuencias (Figura 1): el pico de la curva se va desplazando hacia la izquierda (rills menos profundos) a medida que va aumentando la cota.

La Figura 2 muestra también esta tendencia. Tomando la cota y la profundidad media de las estrías de lapiaz de cada estación como variables, en el análisis de regresión se obtiene una interesante correlación entre ambas, con $r = -0{,}906$ ($r^2 = 0{,}820$).

Resultados y conclusiones

Los datos que aparecen reunidos en la Tabla I y las observaciones cualitativas efectuadas sobre el terreno han permitido mejorar el conocimiento de la morfometría del *Rillenkarren* mallorquín en los aspectos que son resumidos a continuación:

– Mediciones realizadas sobre 1.100 estrías de lapiaz *(rills)* correspondientes a 11 localidades situadas entre 140 y 760 metros s.n.m. dan un valor medio de 5,15 milímetros de profundidad, obteniéndose medidas máximas de tan sólo 12 mm. Estos datos son coherentes con los proporcionados por PÉREZ-CUEVA & SIMÓN (1979), SAURO (1979), GARAY (1983) y GIL (1989) para varios karst mediterráneos, aunque inferiores a los que midió LUNDBERG (1977) en el lapiaz de Chillagoe (Australia).

– Sería conveniente medir dentro de una misma localidad la longitud y profundidad de estrías de lapiaz individuales, con el fin de comprobar una posible correlación entre ambas variables, tal como lo podrían sugerir los datos reunidos por DUNKERLEY (1979) y GIL (1989), así como nuestras propias observaciones semicuantitativas.

– El análisis de las relaciones existentes entre la forma de la sección de los *rills* y su profundidad sería otro aspecto interesante a considerar; sobre todo si se tiene en cuenta la enorme constancia de las medidas de anchura, establecidas entre 1,4 y 1,7 cm de media y un valor modal de 1,5 cm que se repite en todas las localidades estudiadas para este trabajo. Los datos publicados por LUNDBERG (1977) y DUNKERLEY (1979) parecen plantear dos extremos posibles: estrías de sección semicircular poco profundas y estrías de sección parabólica y de mayor profundidad.

– Se ha podido constatar una buena correlación ($r = -0{,}906$) entre la profundidad media de cada una de las poblaciones de *rills* muestreadas y la altitud de las localidades respecto al nivel del mar. La Figura 2 expresa esta novedosa aportación que se desprende de las mediciones preliminares que poseemos sobre 11 localidades de la Serra de Tramuntana.

– A semejanza de lo que ocurre con la longitud de las estrías de lapiaz, según estudios recientes realizados por uno de los autores (GINÉS, 1989), la variación de la profundidad media observada en localidades pertenecientes a distintas cotas sobre el nivel del mar se podría atribuir a diferencias térmicas que están directamente asociadas con la altitud.

– Cuando menos en el caso de la Serra de Tramuntana (Mallorca), resulta evidente el control altitudinal de las características morfométricas del *Rillenkarren;* muy probablemente ligado a gradientes climáticos. Di-

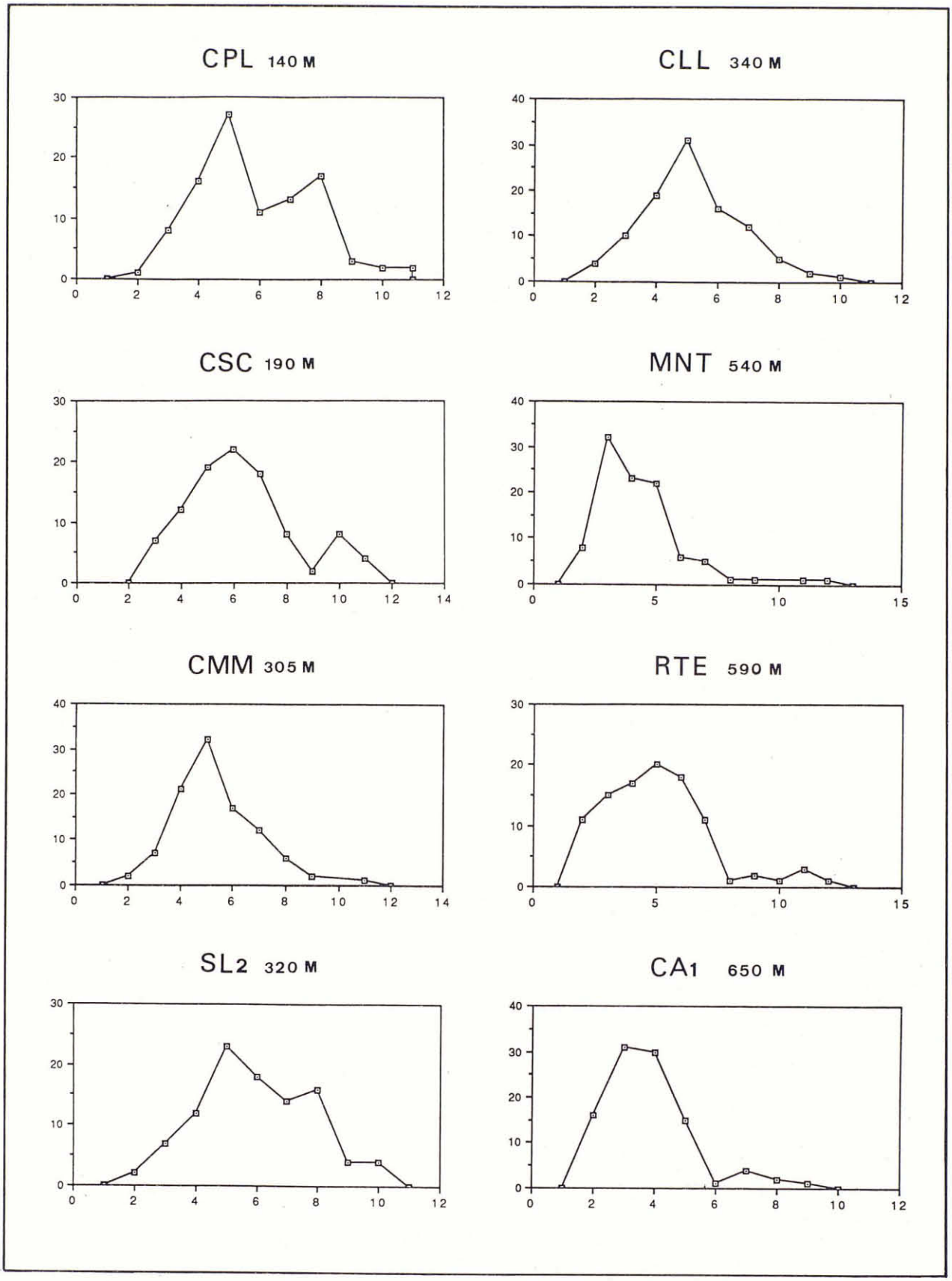


Figura 1: Distribuciones de frecuencia de las profundidades del Rillenkarren en 8 localidades de la Serra de Tramuntana. En cada una de ellas se indica el código que le corresponde y su altitud sobre el nivel del mar.
La profundidad de las estrías de lapiaz, en abcisas, está expresada mediante clases de 1 milímetro.

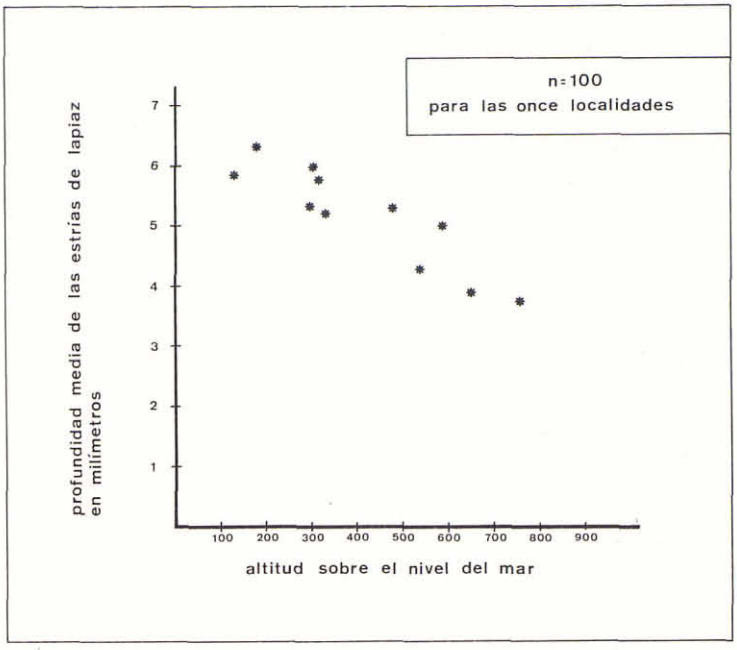


Figura 2:
Relación observada entre la profundidad media de las estrías de lapiaz y la altitud s.n.m. en 11 localidades de la Serra de Tramuntana.

ferencias apreciables en la tipología del *lapiaz,* y hasta una cierta zonación altitudinal, había sido ya avanzada por GINÉS et al. (1979) y GINÉS & GINÉS (1989). También la apreciable disminución de la profundidad de las estrías de lapiaz con la altitud parece apuntar en el mismo sentido, aunque sería deseable ampliar las observaciones a más localidades para confirmar o discutir esta hipótesis.

Bibliografía

BAUER, F. (1962): «Nacheiszeitliche Karstformen in den Österreichischen kalkhochalpen». Actes du 2e Congr. Int. Spéléol., I: 299-328. Bari.

BÖGLI, A. (1960): «Kalklösung und Karrenbildung». *Zeitschrift für Geomorphologie* N.F., Suppl. 2: 4-21. Berlín.

BÖGLI, A. (1980): «Karst Hydrology and Physical Speleology». Springer-Verlag. 284 págs. Berlín.

DUNKERLEY, D.L. (1979): «The morphology and development of Rillenkarren». *Zeitschrift für Geomorphologie* N.F., 23 (3): 332-348. Berlín.

FORD, D.C. & LUNDBERG, J. (1987): «A review of dissolutional rills in limestone and other soluble rocks». *Catena,* Suppl. 8: 119-140. Braunschweig.

FORD, D.C. & WILLIAMS, P.W. (1989): «Karst Geomorphology and Hydrology». Unwin Hyman Ltd. 601 págs. Londres.

GARAY, P. (1983): «Tipología del lapiaz en un karst mediterráneo: el macizo del Mondúver (La Safor, Valencia)». *Lapiaz,* 11: 47-57. Valencia.

GÈZE, B. (1973): «Lexique des termes français de spéléologie physique et de karstologie». *Annales de Spéléologie,* 28 (1): 1-20. Moulis.

GIL, M.V. (1989): «Análisis morfogenético de algunas formas del karst superficial en el Prebético Nororiental: una aproximación a su tipología». Tesis de licenciatura. Universidad de Valencia.

GINÉS, A. (1989): «Morfología kárstica y vegetación en la Serra de Tramuntana. Primeros datos». Memoria de Investigación 3.er ciclo, Universitat Illes Balears. 86 págs. Palma de Mallorca.

GINÉS, A.; GINÉS, J.; POMAR, L. & SALVÀ, P.A. (1979): «La Serra de Tramuntana». VI Coloquio de Geografía. Excursión n.º 1. 38 págs. Palma de Mallorca.

GINÉS, J. & GINÉS, A. (1989): «El karst en las Islas Baleares». in Durán, J.J. y López Martínez, J. Eds. «El karst en España», S.E.G. Monografía 4: 163-174. Madrid.

GLEW, J.R. (1977): «Simulation of Rillenkarren». Proceedings 7th Int. Speleological Congress, B.C.R.A.: 218-219. Sheffield.

GLEW, J.R. & FORD, D.C. (1980): «A simulation study of the development of Rillenkarren». *Earth Surface Processes,* 5: 25-36. Londres.

HEINEMANN, U.; KAADEN, K. & PFEFFER, K.-H. (1977): «Neue Aspekte zum Phänomen der Rillenkarren». *Abh. Karst-Höhlenkd.* A, 15: 56-80. Festschrift Alfred Bögli, Stuttgart.

JENNINGS, J.N. (1971): «Karst». The M.I.T. Press. 252 págs. Cambridge (Mass.) y Londres.

JENNINGS, J.N. (1985): «Karst Geomorphology». Basil Blackwell Ltd. 293 págs. Oxford.

LUNDBERG, J. (1977): «An analysis of the form of Rillenkarren from the tower karst of Chillagoe, North Queensland, Australia». Proceedings 7th Int. Speleological Congress, B.C.R.A.: 294-296. Sheffield.

MAIRE, R. (1980): «Éléments de karstologie physique». *Spelunca,* Spécial n.º 3: 57 págs. Millau.

PÉREZ-CUEVA, A. & SIMÓN, J.L. (1979): «Evolución de algunos tipos de lapiaz sobre calizas cretácicas de La Madalena (Castellón)». Actas del VI Coloquio de Geografía: 89-94. Palma de Mallorca.

PERNA, G. & SAURO, U. (1978): «Atlante delle microforme di dissoluzione carsica superficiale del Trentino e del Veneto». *Memorie del Museo Tridentino di Scienze Naturali,* 22 nueva serie: 1-176. Trento.

SAURO, U. (1979): «Morfologia carsica». *in Castiglioni, G.B. ed.* «Geomorfologia». UTET: 208-254. Turín.

SWEETING, M.M. (1972): «Karst Landforms». The Macmillan Press Ltd. 362 págs. Londres.

TRIMMEL, H. (1965): «Speläologisches Fachwörterbuch». Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich. 109 págs. Viena.

WHITE, W.B. (1988): «Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains». Oxford University Press. 464 págs. Nueva York.