

## ROCAS FUNGIFORMES, PEDESTALES Y FORMAS ASOCIADAS EN ANVIL HILL, MANNUM, AUSTRALIA DEL SUR

J. D. Centeno\* y C. R. Twidale\*\*

### RESUMEN

Se estudian las pendientes invertidas cóncavas o flared slopes de Anvil Hill, en el valle del río Murray, y se interpreta su génesis subsuperficial en relación con el encajamiento del río y la presencia de una cobertera calcárea de edad Miocena. También se pone de manifiesto la estrecha relación entre dichas pendientes y la génesis de cavidades de tipo tafone.

**Palabras clave:** rocas fungiformes, pedestales, exposición de formas, valle de Murray, Australia del Sur.

### ABSTRACT

We study the flared slopes of Anvil Hill, in the Murray valley, and the interpretation of their subsurficial origin. It is related to the Murray gorge formation and the overlying Miocene limestones. The relation between flares and tafoni is also considered.

**Key words:** mushroom rocks, flared slopes, pedestals, episodic exposure, Murray valley, South Australia.

### Introducción

Las rocas fungiformes son bloques o bolos residuales con bases comparativamente estrechas y un pronunciado ensanchamiento hacia su parte superior al que deben su nombre. A menudo descansan sobre una plataforma o pedestal (plinth).

Este tipo de forma aparece en tipos de roca muy diferentes y ha motivado considerables debates. Mushroom rocks, pedestal rocks, Pilzfelsen, roches-champignons, hoodoo rocks son algunos de los nombres que han recibido. Los espectaculares ejemplos encontrados en áreas desérticas, tanto en rocas cristalinas como formas análogas en rocas estratificadas, Zeugen, han motivado que algunos geomorfólogos, como Walter (1924) las atribuyeran a los efectos de erosión eólica. Aunque el viento puede ser responsable de la deflación de material suelto en la base, previamente alterada, su capacidad para erosionar roca fresca, aunque es posible en muy especiales circunstancias (por ejemplo, Russell, 1932) no es suficiente como para que haya jugado un papel importante (Bryan, 1925, 1926).

Los autores modernos han preferido mayoritaria-

mente explicaciones relacionadas con la alteración diferencial tras la exposición de los bloques, argumentando, por ejemplo, que la base es alterada más rápidamente ya que estando relativamente protegida de la insolación retiene por más tiempo la humedad (por ejemplo, Bryan, 1925; Crickmay, 1935). Otros han explicado la persistencia de la parte superior como el resultado de endurecimientos debidos a la presencia de costras (por ejemplo, Petty, 1932; White, 1944).

Otros autores han sugerido que varias formas cóncavas en rocas graníticas son el resultado de las fuerzas que actúan sobre los bloques en o cerca de la superficie, delimitando zonas de debilidad frente a la alteración. Tales fuerzas podrían incluso ser debidas simplemente al peso de los propios bloques como ha propuesto Vidal Romani (1983).

La razón básica de la forma de este tipo de bloques es, desde luego, una alteración más rápida y la consecuente erosión diferencial hacia la base. Este aumento del grado de alteración hacia la base disminuye a menudo en profundidad, ya que muchas de estas rocas presentan un ensanchamiento bajo el nivel del suelo.

\* Departamento de Geodinámica, Universidad Complutense. 28040-Madrid.

\*\* Department of Geology, University of Adelaide, Box 498 G.P.O. Adelaide South Australia 5001.

La parte más estrecha, el tronco, puede ser más o menos irregular o rugosa o adoptar un aspecto pulido. En todos los casos, sin embargo, es suavemente curvo, formando una superficie de perfil cóncavo o *flared slope*.

Estas pendientes cóncavas (*flared slopes*) se inician bajo la superficie en otras partes de Australia del Sur. Los márgenes de los afloramientos graníticos son a menudo excavados para recoger agua, y en varias de estas excavaciones se han expuesto *flares* más o menos desarrollados (Twidale, 1962, 1982). También en la zona de estudio pueden observarse algunos *flares* incipientes al retirar el suelo de los márgenes de algunos bloques. Es interesante señalar que tanto en la superficie como bajo el suelo estas pendientes cóncavas muestran un tránsito lateral muy frecuentemente hacia cavidades de tipo tafone.

**Encuadre regional**

Anvil Hill está situado en las pendientes semiáridas (precipitación anual media 374 mm.) al oeste del río Murray y el borde oriental de los Mt Lofty Ranges (ver Twidale and Bourne, 1975; Twidale, 1976; Twidale *et al.*, 1978) (fig. 1).

Mt Lofty Range es un horst complejo que afecta a rocas metamórficas y sedimentarias del Proterozoico y Cámbrico. Los esquistos cámbricos están intruidos por granitos y granitos gneísicos del Paleozoico

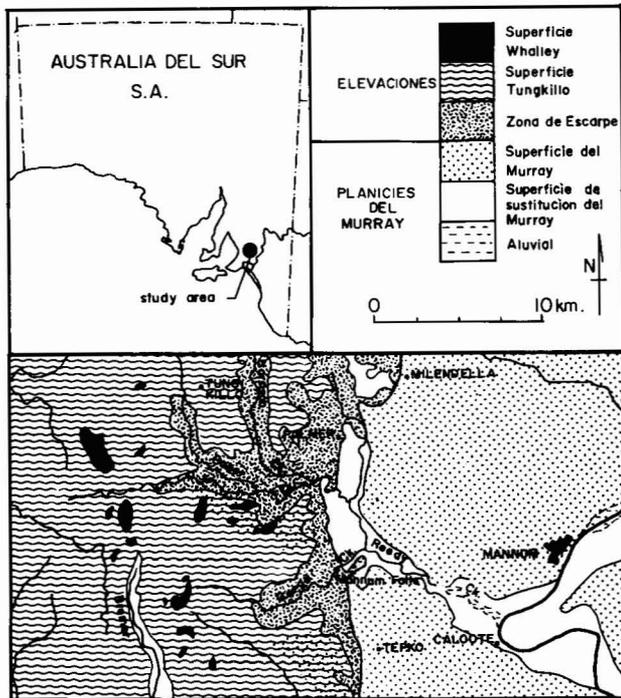


Fig. 1.—Encuadre geomorfológico y situación. Según Twidale & Bourne, 1975.

inferior (506 ma), los granitos del Palmer. Ambos tipos afloran en las planicies del Murray allá donde la cobertera cenozoica ha sido erosionada.

Las planicies del río Murray fueron una cuenca oceánica marginal durante la mayor parte del Terciario. En el Mioceno se depositaron las calizas de Mannum, expuestas posteriormente en las paredes de la garganta del Murray y que se extendían hasta los escarpes de falla de Milendella y Palmer, en el borde oriental de Mt Lofty Range (Mills, 1965; Twidale and Bourne, 1975).

Anvil Hill está situado en uno de los afloramientos de las rocas graníticas del Paleozoico inferior. El sustrato es predominantemente un granito de grano grueso equigranular con una marcada foliación subvertical de dirección NNW-SSE. También aparecen algunas intrusiones menores, principalmente diques de aplita y pegmatita de dirección NNW (fig. 2).

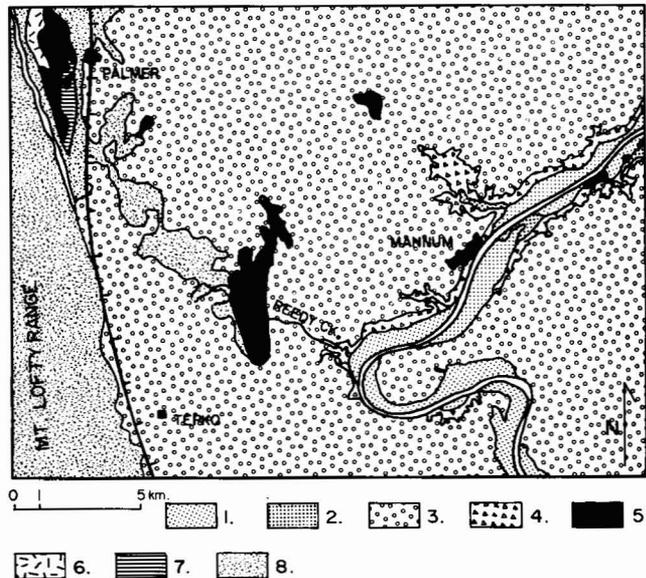


Fig. 2.—Encuadre geológico. 1. Aluvial del río Murray.—2. Aluvial-coluvial.—3. Aluviales y eólicos de la superficie del Murray (Holoceno).—4. Calizas de Mannum (Mioceno).—5. Granitos de Palmer (Paleozoico inferior).—6. Granitos de Palmer, cataclástico y sericitizado.—7. Granitos de Palmer de grano fino.—8. Esquistos cuarzo-micáceos. Grupo de Kanmantoo (Proterozoico inferior).

Anvil Hill está situado a 60 m. sobre el nivel del mar, y los valles adyacentes a unos 10 m. La caliza miocena de Mannum, que aflora en la garganta del Murray, subyace en buena parte de las planicies de la región, y en particular se ha encontrado a 21 m. bajo una superficie situada a 82 m. sobre el nivel del mar en Tepko, 4 km. al SSW de la zona (White and Thatcher, 1957). Por tanto, la caliza ha sido preservada a una cota de 61 m. sobre el nivel del

mar, lo que, en ausencia de cualquier desplazamiento tectónico local, sugiere que Anvil Hill fue inundado por el mar mioceno e inhumado por la caliza de Mannum. En efecto, la caliza fosiliza un gran domo granítico a 5 km. al norte de Mannum, que ha sido expuesto posteriormente por la incisión del río Murray.

### Relieve

El aspecto general del relieve en la zona de Anvil Hill está controlado por la estructura. Al oeste un escarpe bien definido señala el contacto entre los granitos y los esquistos cámbricos, a la vez que limita los remanentes locales de la superficie del Murray. El encajamiento del río Murray y sus afluentes por debajo de esta superficie produjo la destrucción de dicha superficie y el desarrollo de laderas en la zona de Anvil Hill.

En la zona de estudio la incisión se produjo a favor de líneas de fractura (N50-60°E y N140-170°E) respetando un conjunto de lomas alineadas según estas direcciones. La mayor parte del área granítica está modelada sobre una cobertera de regolito de unos 2 m. de espesor, visible en dos pequeñas canteras. Pero las vertientes suaves así modeladas están interrumpidas por bloques o bolos de roca fresca que afloran en grupos o aislados. Aunque predominan los grupos pequeños, en el extremo noreste hay una agrupación mayor, que conforma un inselberg de bolos o *nubbin*.

La mayoría de los bloques están situados sobre o cerca de las cimas de las lomas. En los valles y laderas son relativamente escasos y se trata, sobre todo, de alineaciones de bolos de aplita que marcan la posición de diques más resistentes que la roca de caja.

### Edad de las superficies y alteración

La mayor parte del regolito de la zona puede haberse generado durante el Mesozoico. Hay evidencias de una alteración profunda (laterítica) en la región durante el Mesozoico inferior, probablemente Triásico (Daily *et al.*, 1974) y el domo exhumado bajo las calizas miocenas de Mannum indica también una alteración premiocena.

También hay pruebas de aplanamiento y alteración pliocenos. Durante el Plioceno superior, el ancestral bajo Murray estaba ocupado por un estuario que se extendía hacia el Norte y Este de la zona. El conjunto de arenas de North West Bend (Plioceno medio) se depositó en este estuario, y pueden observarse actualmente, encajadas en las calizas de Mannum y colgadas sobre la garganta del río Murray

(Twidale *et al.*, 1978). Las altiplanicies situadas entre la región marginal del piedemonte de Mt. Lofty Range y la zona más disectada junto al río Murray están nivelados con este estuario.

La superficie del Murray presenta un manto de alteración (2-3 m.) con una fina costra ferruginosa. Esta última difiere notablemente del suelo laterítico con estructuras pisolíticas de la superficie de cumbres de Mt Lofty Range. En cambio, es comparable a la ferricreta pliocena que Horwitz and Daily (1958) describen en la zona meridional de Australia del Sur, incluyendo algunos fondos de valle en Mt Lofty Range (Horwitz, 1960), Norte de la península Yorke (Horwitz and Daily, 1958) y Norte y Noroeste de la península de Eyre (Twidale *et al.*, 1976; Twidale *et al.*, 1977).

Por tanto, la disección del relieve Plioceno y la reexposición de las masas graníticas debe haberse producido en el Plio-Pleistoceno, probablemente en respuesta a los descensos glacioeustáticos del nivel del mar. En este momento el río Murray y sus tributarios sufrieron un importante rejuvenecimiento, con el primero circulando hasta el borde de la plataforma continental donde se excavaron varios cañones submarinos (Sprig, 1952; Firman, 1971; Von der Borch, 1968).

El tipo de relieve fosilizado por los depósitos miocenos en Anvil Hill es difícil de precisar, pero algunos datos permiten sospechar que al principio del Mioceno Anvil Hill era un domo granítico de gran radio. La morfología de las crestas de los bloques de la cumbre parece encajar en el perfil de tal clase de domo. Además los retazos de lo que habría sido tal domo presentan algunas formas, como un pilancón de perfil de artesa y algunas acanaladuras propias de este tipo de superficie. Por último, la idea del domo no es descabellada si se recuerda su existencia a 10 km. en el domo exhumado de Mannum, de edad indudablemente miocena.

### Las rocas fungiformes de Anvil Hill

Aunque en la zona abundan las rocas de aspecto fungiforme, los dos bloques que culminan Anvil Hill, y que le dan nombre (Anvil, yunque) pueden considerarse prototípicos y reúnen todas las características que pueden observarse en la zona. Ambas rocas están completamente rodeadas por *flares* que le confieren un perfil cóncavo invertido en todas las direcciones (fig. 3). Estas paredes se elevan desde una estrecha plataforma hasta unos 0,9-2,1 m. de altura. Por encima hay una superficie encostrada y con algunas acanaladuras y al menos un pilancón de tipo *pan* con forma de artesa. Esta superficie forma una especie de paraguas sobre la parte inferior, con una visera bien delimitada en casi todo su perímetro. Bajo esta visera

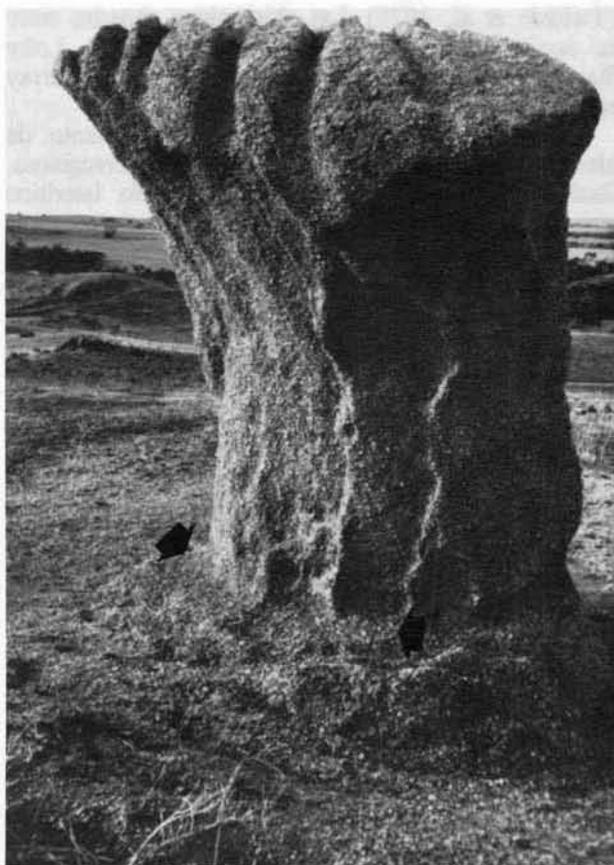


Fig. 3.—Rocas fungiformes en la cumbre de Anvil Hill. Nótese las acanaladuras en la plataforma que culmina la roca, la estrecha plataforma señalada por la flecha y el carácter corroído de las paredes.

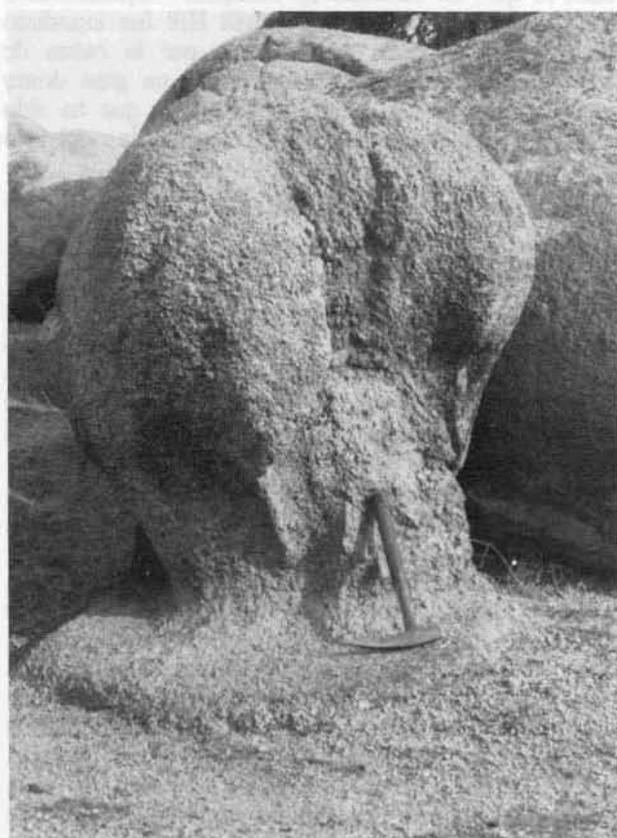


Fig. 4.—Dos niveles de *flares* encima y debajo de una plataforma anular. El nivel inferior se extiende por debajo del suelo actual.

uno de los bloques presenta un *tafone* de unos 80 centímetros de profundidad y más de un metro de diámetro, que muestra un tránsito continuo hacia las *flares* del resto del bloque.

La plataforma sobre la que descansa esta forma, con una anchura variable entre unos pocos centímetros, se eleva a su vez sobre el nivel del suelo actual entre 10 y 30 cm., delimitada por una superficie de tipo flare peor definida pero con cierta concavidad (fig. 4).

La superficie de la roca es especialmente rugosa en las paredes, debido a la alteración diferencial de los minerales, pero esta característica está ligeramente atenuada en la parte superior.

En toda la zona aparecen abundantes bloques con *flares* definidas en todo o parte de su perímetro. Por su tamaño y por su relación con el suelo actual, al menos dos grupos, y posiblemente un tercero, pueden definirse y relacionarse con las dos flares que a distinto nivel presentan las rocas culminantes de Anvil Hill.

Un primer grupo de *flares* incluye todas las de altura entre 1,6 y 2,0 m. Pueden elevarse desde una plataforma de hasta 2 m. de ancho o emerger

directamente desde el suelo, pero en este caso e inmediatamente bajo el nivel del suelo se observa un ensanchamiento o incluso una pequeña plataforma. En la mayoría pueden observarse formas «en paraguas» en la culminación, pero no faltan aquellos casos en que la pendiente aparece truncada, bien por un efecto erosivo, bien porque el bloque no tuvo nunca altura suficiente para desarrollar una concavidad completa.

El segundo grupo define los bordes de las plataformas basales antes mencionadas. Estas plataformas pueden estar bien niveladas o ligeramente enterradas bajo el nivel del suelo, bien 15-30 cm. sobre éste. En este caso muestran en sus bordes una abrupta pendiente, ligeramente cóncava que emerge desde el suelo, y cuando la plataforma está nivelada o enterrada la misma forma del borde puede observarse excavando en el suelo circundante. El suelo que descansa contra estas *flares* subsuperficiales es prácticamente granito desintegrado, con todos los minerales más alguna arcilla, resultado de la alteración de feldspatos, y un color rojo debido al hierro de la biotita. Es interesante señalar que en el borde oriental de Anvil Hill hay pocas flares, pero en cambio una

banda con muy poca cubierta de líquenes y musgos, con una anchura de unos 10-20 cm. está presente en la base de casi todos los bloques.

Bastantes bloques presentan los dos grupos de flares juntos. Como están desarrollados a diferentes niveles, teniendo en cuenta el origen subsuperficial de estas formas, puede afirmarse que, desde el Plioceno superior ha habido al menos dos etapas de estabilización y ligera alteración en los bordes de los afloramientos graníticos.

Un tercer grupo de flares, situado a una altura intermedia, y por tanto, una etapa intermedia de estabilización, parece insinuarse en Anvil Rock y algunos bloques aislados de la zona. Estos últimos muestran una pendiente casi vertical y ligeramente cóncava de unos 20-50 cm. de altura. En un caso los bloques están dispuestos alrededor de uno mayor con las flares enfrentadas al centro, definiendo una depresión anular. Como en ninguno de estos bloques aparecen flares de otros grupos, no es posible determinar si se trata de otro nivel o de una porción truncada de las mayores. Anvil Rock, en la cumbre de Anvil Hill, muestra una pequeña ruptura de pendiente en uno de sus lados y en la parte inferior de la concavidad principal. Esta ruptura podría estar relacionada con ese nivel pero no ofrece evidencia suficiente (fig. 5).



Fig. 5.—El bloque que da nombre a Anvil Hill (yunque) muestra dos niveles de flares y, donde se sitúa el martillo, un tercero intermedio e incipiente. El taffone de la derecha señala la estrecha relación entre cavidades y pendientes cóncavas y corridas.

### Origen y edad de las rocas fungiformes

El granito de Anvil Hill es equivalente al granito de Palmer en Mt Lofty Range y varios afloramientos más en la región. Sin embargo, en ninguno de estos lugares hay una abundancia semejante de rocas fungiformes y flares. Una posible explicación reside en el hecho de que estas rocas, con su configuración cóncava, fueron fosilizadas por las calizas miocenas de Mannum. En el período comprendido entre su

fosilización y su exhumación, el granito estuvo sometido a la acción de aguas subterráneas de carácter básico, procedentes de las calizas (Twidale, 1979). Esto explica, por otro lado, la mayor profundidad de alteración en los fondos de los valles, donde sólo han quedado bloques de aplita, más resistentes a la alteración.

Conforme la cobertera fue eliminada, se produjeron los primeros afloramientos allá donde la alteración era menor profunda. A partir de este momento la meteorización pudo ser más intensa en los bordes de cada simple afloramiento, donde la cantidad de agua es mayor, pero siempre con el aporte de alcalinos desde las calizas adyacentes. Esta alteración marginal dio lugar a la primera generación de flares que fueron expuestos posteriormente.

Una segunda etapa de estabilización del nivel del suelo, en algunos lugares unos centímetros por encima del nivel actual, permitiría la formación del segundo grupo. Mientras en algunos lugares el suelo ha sido rebajado y estas formas han sido expuestas, en otros lugares el suelo parece haberse mantenido en el mismo nivel y las flares siguen bajo el suelo y, supuestamente, continúan evolucionando. El menor desarrollo de las flares inferiores no puede relacionarse con su edad, ya que no conocemos el lapso transcurrido en cada una de las supuestas estabilizaciones, pero puede también deberse a una disminución en el carácter alcalino de las aguas conforme las calizas preservadas estaban cada vez más lejos de la zona.

En el mismo sentido puede interpretarse la falta de pendientes tipo flare en el extremo oriental de Anvil Hill. La banda desprovista de líquenes ofrece evidencia de un rebajamiento reciente del nivel del suelo, pero no ha expuesto ninguna forma equivalente a las que nos ocupan. En este borde un pequeño arroyo ha labrado un barranco hacia el que se dirigen las pendientes de las rocas a que nos referimos. Por un lado, el barranco indica que aquí la cobertera debió eliminarse relativamente pronto, afectando, por tanto, a la calidad de las aguas, y por otro, el barranco ofrece una vía para la circulación del agua y la consecuente depresión en el nivel freático, con lo que las flares, si existen, estarían por debajo del nivel expuesto por la última etapa erosiva.

### Referencias

- Bryan, K. (1925). Pedestal rocks in the arid Southwest. *United States Geol. Surv. Bull.*, 760, 1-11.  
 Bryan, K. (1926). Pedestal rocks formed by differential erosion. *U. S. Geol. Surv. Bull.*, 790A, 1-15.  
 Crickmay, G. W. (1935). Granite pedestal rocks in the southern Appalachian piedmont. *J. Geology*, 43, 745-758.  
 Daily, B.; Twidale, C. R. y Milnes, A. R. (1974). The age of the Palaritized summit surface on Kangaroo Island and

- adjacent areas of South Australia. *J. Geol. Soc. Australia*, 21, 387-392.
- Firman, J. B. (1971). Riverine and swamp deposits in the Murray River tract. *Masterly Geol. Notes, Geological Survey of South Australia*, 40, 1-4.
- Horwitz, R. C. (1960). Geologie de la région de Mt Compass (fenille Milang), Australia méridionale. *Eclogae Géol. Helvetiae*, 53, 211-263.
- Horwitz, R. C. & Daily, B. D. (1958). Yorke Peninsula. In *The Geology of South Australia* (M. F. Glaessner & L.W. Parkin, edit.) Melbourne University Press, Melbourne, 46-60.
- Millsk, J. (1965). *The Structural Petrology of an area east of Springton, South Australia*. Ph. D. Thesis, University of Adelaide (inérita).
- Petty, J. J. (1932). Pedestal rocks of granite in the southern Piedmont. *J. Elisha Mitchell Scientific Soc.*, 48, 119-122.
- Rusell, R. J. (1936). Landforms of San Gorgonio Pass, Southern California. *University of California (Berkeley) Publications in Geography*, 6, 37-44.
- Sprigg, R. C. (1974). Submarine canyons of the New Guinea and South Australian coasts. *Transac. R. Soc. South Australia*, 71: 296-310.
- Sprigg, R. C. (1952). The geology of the South-East province, South Australia, with special reference to Quaternary coasture migrations and modern beach developments. *Bull. Geol. Surv. South Australia*, 29.
- Twidale, C. R. (1962). Steepened margins of inselbergs from north-western Eyre Peninsula, South Australia. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 6, 51-69.
- Twidale, C. R. (1976). Geomorphological evolution. In: *Natural History of the Adelaide region* (C. R. Twidale, M. J. Tyler and B. P. Wells, edit.). R. Soc. South Australia, 43-59.
- Twidale, C. R. (1982). *Granite Landforms*. Elsevier, Amsterdam, 372 págs.
- Twidale, C. R. & Bourne, J. A. (1975). Geomorphological evolution of part of the eastern Mount Lofty Ranges, South Australia. *Transact. Soc. South Australia*, 99: 197-209.
- Twidale, C. R.; Bourne, J. A. & Smith, A. M. (1976). Age and origin of paleosurfaces on Eyre Peninsula and in the southern Gawler Ranges, South Australia. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 20, 28-55.
- Twidale, C. R.; Bourne, J. A. & Twidale, N. (1977). Shore platforms and sealevel changes in the Gulfs region of South Australia. *Transact. R. Soc. South Australia*, 101, 63-74.
- Twidale, C. R.; Lindsay, J. M. & Bourne, J. A. (1978). Age and origin of Murray River and Gorge in South Australia. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 90, 27-42.
- Vidal Romani, J. R. (1983). *El Cuaternario de la provincia de La Coruña. Geomorfología granítica, modelos elásticos para formación de cavidades*. Tesis doctoral Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid, 283 págs.
- Von Der Borch, C. (1968). Southern Australian submarine canyons: their distributions and ages. *Marine Geology*, 6, 267-279.
- Walther, J. (1924). *Das Gesetz der Wüstenbildung in Geogemwait und Vorzeit*. Von Anelle & Meyer. Liezpig, 421 págs.
- White, A. R. & Thatcher, A. (1957). *Geological Atlas of South Australia Sheet Mannum*. (1:63.360). Geological Survey of South Australia, Adelaide.
- Whitw, W. A. (1944). Geomorphie effects of indurated veneers on granites in the southeastern States. *J. Geology*, 52, 333-341.

Recibido el 1 de octubre de 1987  
Aceptado el 3 de marzo de 1988