

# Edad U/Th de los travertinos de Beni Younech y correlación con las terrazas marinas cuaternarias de Ras Leona (SE del Estrecho de Gibraltar, Marruecos)

*U/Th ages of the travertines of Beni Younech and correlation with the Quaternary marine terraces of Ras Leona (SE of the Strait of Gibraltar, Morocco)*

Ahmed Chalouan <sup>(1)</sup>, Carlos Sanz de Galdeano <sup>(2)</sup>, Jesús Galindo-Zaldívar <sup>(2, 3)</sup>, Ramón Julià <sup>(4)</sup>, Khalil El Kadiri <sup>(5)</sup>, Antonio Pedrera <sup>(3)</sup>, Rachid Hlila <sup>(5)</sup>, Mustafa Akil <sup>(1)</sup> y Mfedal Ahmamou <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad Mohammed V-Agdal. Département de Géologie. Fac. Sciences. Avenue Ibn Batouta, B.P. 1014. Rabat, Maroc. chalouan@fsr.ac.ma; mo\_akil2@yahoo.fr

<sup>(2)</sup> Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra. CSIC-Univ. Granada. Fac. Ciencias. 18071. Granada (Spain). csanz@ugr.es

<sup>(3)</sup> Departamento de Geodinámica. Fac. Ciencias. Universidad de Granada. 18071 Granada (Spain). jgalindo@ugr.es, pedrera@ugr.es.

<sup>(4)</sup> Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera. C.S.I.C. Lluís Solé i Sabarís s/n. 08028 Barcelona. ramon.julia@ija.csic.es

<sup>(5)</sup> Département de Géologie. Fac. Sciences. Univ. Abdelmalek Essaâdi. M'hannech II, B.P. 2121. 93003 Tétouan (Maroc). khalilkadiri@yahoo.fr, rhlila@yahoo.com

## ABSTRACT

Three travertine levels have been identified in the Beni Younech village, near the Quaternary marine terraces of Ras Leona Point, in the south-eastern coast of the Gibraltar Strait. These travertines developed probably over marine terraces as soon as the latter underwent successively subaerial exposure. Samples from the travertine fronts yielded absolute U / Th ages ranging between 225 and 97 ky BP. These data allow inferring the travertines as formed in a regressive context starting probably at 700 ka BP. The travertine formation had an important episode at 110-120 ka BP, then characterized by a triple cascade before finishing at about 97-98 ka.

**Key words:** Travertines, marine terraces, U-Th age, eustatism.

Geogaceta, 45 (2008), 35-38  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El sector de Beni Younech está situado en el SE del estrecho de Gibraltar (Fig. 1 A y B), cerca de Ceuta (Sebta). Existen tres niveles escalonados de travertinos que interpretamos fueron originados por una fuente y que no figuran en la hoja geológica de Sebta (Kornprobst y Durand-Delga, 1985) y tienen el doble interés. Por un lado el nivel inferior llega a la playa y por otro el escalonamiento citado puede ser correlacionado con varias terrazas marinas muy bien desarrolladas en Punta Leona o Ras Leona, cabo situado a poca distancia al NO (Fig. 1 B y C).

La estructura de este sector es compleja. En él afloran mármoles, filitas y esquistos del Sébtide (nombre equivalente al complejo Alpujarride, en la Zona Interna Bética) y calizas, dolomías, areniscas, limos y arcillas pertenecientes a la Dorsal y Predorsal. El contacto entre estas unidades es principalmente mecánico. En este escenario se han formado posteriormente los travertinos de Beni

Younech y las terrazas marinas próximas de Ras Leona.

De estos travertinos no se conoce ningún antecedente previo. Sin embargo, las terrazas marinas han sido descritas por André y El Gharbaoui (1978), El Gharbaoui (1981) y Elfahssi (1999) que-

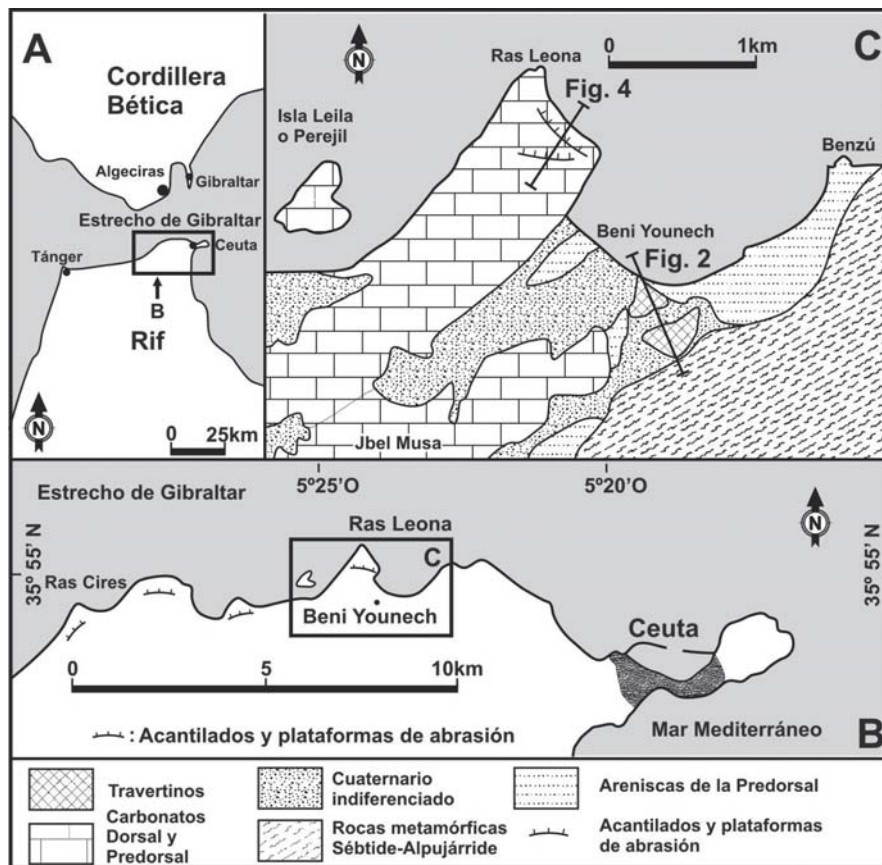
nes las correlacionan con las terrazas existentes al Sur de Rabat (Biberson, 1958; Beaudet et al., 1967; Texier et al., 1985; Akil, 1990).

El objetivo de este trabajo es establecer la evolución de los travertinos del margen meridional del Estrecho de

		Muestras de BENI YOUNECH						
	Muestra	Lab-Ref	U-238 ppm	Th-232 ppm	U-234/U-238	Th-230/U-234	Th-230/Th-232	Datación nominal (años)
Nivel superior	BY - 2C	4706	1.46+/-	0.16+7-	1.30+/-	0.61+/-	23.1	97315+3086/-
			0.02	0.00	0.01	0.01		3007
	BY - 2B	3206	2.01+/-	0.20+/-	1.29+/-	0.61+/-	25.3	98430+3917/-
			0.04	0.01	0.01	0.02		3792
			1.09+/-	0.14+/-	1.28+/-	0.69+/-		119475+4476/-
	BY - 2A	3106	0.02	0.00	0.01	0.01	21.7	4313
Nivel medio	BY - 1C	4806	0.77+/-	0.21+/-	1.21+/-	0.91+/-	13	225217+13864/-
			0.01	0.01	0.01	0.02		12415
	BY - 1B	4906	1.20+/-	0.05+/-	1.26+/-	0.76+/-	67.7	144215+6270/-
			0.02	0.00	0.01	0.02		5954
			1.90+/-	0.13+/-	1.16+/-	0.68+/-		118543+4639/-
	BY - 1A	3006	0.03	0.00	0.01	0.01	35.8	4459
Nivel inferior	BY - 0	2906	1.22+/-	0.14+/-	1.31+/-	0.68+/-	23,684	114717+4115/-
			0.02	0.00	0.01	0.01		3978

Tabla I.- Relación de muestras tomadas en los travertinos de Beni Younech y dataciones obtenidas.

Table I.- Relation of the samples taken in the travertines of Beni Younech and ages obtained.



3). La formación superior desarrolla una plataforma, a una altura de 95-100 m s.n.m., y su base se encuentra a unos 60 m s.n.m., con un frente de cascada muy pendiente. Se adosa a relieves formados por mármoles triásicos sobre esquistos sébtides, justo en su contacto con las areniscas y arcillas de la Predorsal (Fig. 3). El nivel medio tiene una plataforma a 45-50 m s.n.m. y su base se sitúa a unos 20-25 m s.n.m., y desarrolla también un frente de cascada neto. El inferior, con una altura de 18-20 m s.n.m., tiene un frente, caído en numerosos puntos, que llega hasta la playa. La parte superior de cada nivel de travertinos no es totalmente horizontal, sino que presenta una pequeña inclinación hacia el mar. Con el fin de datar los travertinos se tomaron 7 muestras, una de ellas en el nivel inferior y 3 en cada uno de los superiores. Los travertinos crecen progradantes con la forma de cáscaras de cebolla por lo que se procuró coger las muestras en los puntos más profundos a los que se tenía acceso, no superando en ningún caso más allá de 2 m.

La parte más antigua de cada cuerpo se suele situar pegada a la roca a partir de la que se va formando, lugar que por ahora resulta inaccesible sin medios mecánicos de excavación.

**Dataciones**

Las muestras han sido analizadas en Barcelona, determinando las cantidades de los distintos radioisótopos de la serie de desintegración del U-238 y del Th-232 por espectrometría alpha. (Tabla 1).

En el frente del escarpe de los travertinos superiores se han tomado las muestras BY-2 A, B y C (Fig. 2) que han dado respectivamente edades de 119, 98 y 97 ka, siendo la primera la que más al interior del escarpe se encontraba.

En los travertinos medios se tomaron las muestras BY-1 A, B y C a lo largo de su frente que han dado respectivamente 118, 144 y 225 ka, es decir, algo más antiguas en promedio que las anteriores. La muestra A está cogida en la base del frente, la B unos 2 m más arriba y la C a media altura del frente, unos 20 m más al Este.

En los inferiores, ya cerca de la playa, la muestra BY-0 da una edad de 114 ka. La altura a la que se cogió es de unos 10 m s.n.m.

**Las terrazas marinas cuaternarias**

La forma, posición y edad de las terrazas de Ras Leona puede verse en las Figs. 4 y 5. La atribución se ha hecho a

Gibraltar en un contexto regresivo desde hace 750 ka. Para ello se integran las nuevas edades U/Th con las observaciones realizadas en las terrazas marinas.

**Las formaciones de travertinos**

La distribución de los travertinos está escalonada en tres niveles sobre areniscas y arcillas de la Predorsal (Figs. 1 C, 2 y

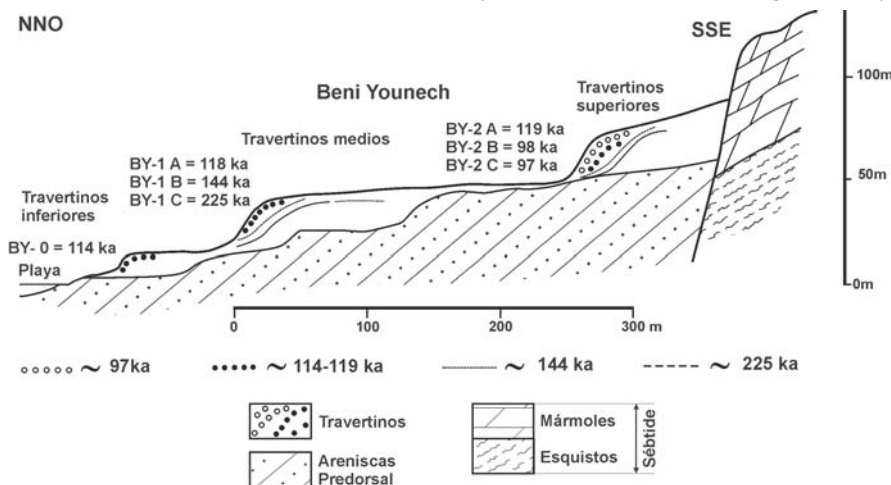


Fig. 2.- Corte esquemático con los tres niveles de travertinos y la posición de las muestras, junto con las edades obtenidas. Se indican las alturas.

Fig. 2.- Schematic cross section of the three levels of travertines and the position of the samples, together with the obtained ages. The height of the levels are indicated.



Fig. 3.- Vista general de los diferentes niveles de las formaciones travertínicas.

Fig. 3.- A general view of the different levels of the travertine formations.

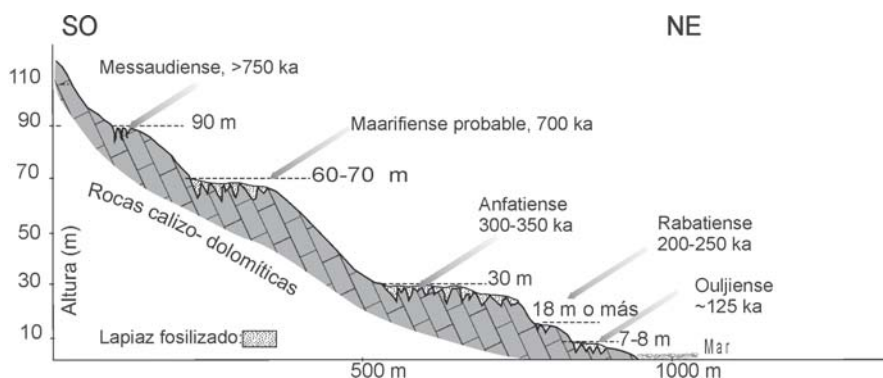


Fig. 4.- Corte esquemático de las distintas terrazas marinas de Ras Leona, sus alturas, atribuciones y edades. Se han utilizado datos de Elfahssi (1999).

Fig. 4.- Schematic cross section of the different marine terraces of Ras Leona, their heights, attributions and ages. Data from Elfahssi (1999) have been used.

partir de los datos de El Gharbaoui (1981) y Elfahssi (1999) y los de las terrazas marinas marroquíes situadas al sur de Rabat (Akil, 1990). Se observan aquí bien desarrolladas las terrazas jóvenes, Ouljiense (7-8 m s.n.m.), Rabatiense (18-20 m s.n.m.) y Anfatiense (unos 30 m s.n.m.). La inmediata superior, Maarifiense (situada a una altura de 60-70 m s.n.m.) se desarrolla menos, aunque sobre ella se ha construido un tramo de la pista que da acceso al cabo. Otra más alta (Messaudiense, a una altura de unos 90 m s.n.m.) se observa bien e incluso hay otra posible, más alta, señalada con una interrogación en la Fig. 5. El nivel marino sufrió en este periodo una regresión generalizada, con movimientos eustáticos importantes, formándose las terrazas en los periodos interglaciales (Suc, 1982; Cirac, 1985; Texier et al., 1985; Brebion et al., 1986).

**Discusión**

Parece extraño en principio el hecho de que las dataciones del nivel medio tengan las edades más antiguas, pues habitualmente los travertinos más altos tienen mayor edad. Sin embargo hay que tener en cuenta que sólo se han tomado muestras del frente de los niveles travertínicos que, debido a su estructura en cáscara de cebolla, no corresponde a los más antiguos situados hacia el interior. Hace 225 ka ya se formaban travertinos en el nivel medio y pensamos que también en el superior. Lo hacían a partir de aguas ricas en bicarbonato procedentes de un manantial localizado en el contacto del nivel superior con los mármoles sébtides. Probablemente, el inicio de la formación de los travertinos en el nivel superior fue bastante anterior, tras el desarrollo de la terraza maarifiense (700 ka).



Fig. 5.- Las terrazas marinas cuaternarias de Ras Leona. Al fondo puede verse el nivel travertínico superior.

Fig. 5.- The Quaternary marine terraces of Ras Leona. To the back can be seen the upper travertine level.

En los tres niveles de travertinos se han obtenido edades comprendidas entre 120-110 ka, periodo en el que ocurrió un importante evento de formación de travertinos, de manera que podía existir una triple cascada formada a partir del agua que manaba en la parte superior. El hecho de que los travertinos alcancen el nivel actual del mar, es concordante con su desarrollo durante un periodo glacial posterior al Ouljiense, con un nivel eustático inferior al actual.

Finalmente, con los datos obtenidos, parece que el caudal fue progresivamente disminuyendo y la formación de travertinos se redujo al nivel superior, hace algo menos de 100 ka.

La fuente kárstica se situó a 95-100 m, altura mínima de los mármoles. Si hubo otros manantiales tuvieron que situarse en las areniscas y arcillas, procediendo en último término de los mármoles. El manantial se mantuvo durante mucho tiempo, desapareciendo cuando el encajamiento del relieve situado más al E hizo que las aguas encontraran otras salidas más bajas y fáciles. Esto puede indicar una edad bastante reciente de parte del encajamiento del relieve.

La comparación, siempre incierta, con las terrazas marinas próximas muestra una buena correlación entre la altura de la terraza maarifiense (60-70 m s.n.m. y unos 700 ka) y la base del nivel travertínico superior, de una altura similar. Si estos comenzaron a formarse sobre una terraza equivalente, no lo pudieron hacer antes de la citada edad. A su vez, la base del nivel medio, situada en su parte baja a una altura de 20-25 m s.n.m., coincide prácticamente con el Rabatiense (hasta 250 ka) y puede englobar a la del Anfatiense (350 ka y una altura de unos 30 m s.n.m.). Las dataciones obtenidas son más recientes y congruentes con esas edades de las terrazas. Finalmente, las dataciones comprendidas entre 120-110 ka, son poste-

riores a la formación de la terraza ouljiense (~125 ka), actualmente a unos 7-8 m s.n.m.

### Conclusiones

Los travertinos de Beni Younech se desarrollan a partir de una única surgencia situada en el contacto entre areniscas y arcillas y mármoles. Las edades obtenidas de U/Th, son edades mínimas, dado que no se ha podido establecer la más antigua de cada nivel por la dificultad de muestrear sus sectores internos, inaccesibles sin medios mecánicos. La de las terrazas marinas complementa las anteriores, pues es obvio que cada nivel de travertinos ha de ser más reciente que la terraza marina sobre la que se desarrolla.

Las dataciones muestran que su formación se produce al menos desde hace 225 ka. Un posible límite inferior corresponde a 700 ka, edad de la terraza maarifiense de Ras Leona, cuya altura (60-70 m s.n.m.) coincide con la base del nivel superior de travertinos. El proceso de formación de travertinos continuó hace 110-120 ka en los tres niveles, por lo que interpretamos que el agua descendía formando una triple cascada sobre las terrazas marinas (Maarifiense, 60-70 m s.n.m.; Anfatiense, 30 m s.n.m. y Ouljiense 7-8 m s.n.m.). La terraza rabatiense (18 m s.n.m.) podría estar oculta bajo la plataforma de travertinos inferiores. Posteriormente el caudal disminuyó progresivamente, formándose, los datados con 98-97 ka en el nivel superior, antes de agotarse la fuente que suministraba el agua.

### Agradecimientos

A. Caballero delineó las figuras. Este estudio ha sido financiado por los proyectos CICYT CSD2006-00041, CGL 2006-06001, CGL2007-60535, Junta de Andalucía P06RNM-01521, RNM-119 y 149 y AECI A.012371.07.

### Referencias

- Akil, M. (1990). *Les dépôts quaternaires littoraux entre Casablanca et cap Beddouza (Meseta côtière marocaine): études géomorphologiques et sédimentologiques*. Tesis Doctoral, Univ. Mohammed V. Rabat. 417 p.
- André, A. y El Gharbaoui, A. (1978). *Revue de Géographie*. Maroc, n° 23-24, 125-143.
- Beaudet, G., Maurer, G. y Ruellan, A. (1967). *Revue de Géographie Physique et Géologie Dynamique*, Paris, 9, 269-310.
- Biberson, P. (1958). *Comptes Rendues Sommaires de la Société Géologique*. France, 4, 67 p.
- Brebion, Ph., Raynal, J.P., Texier, J.P. y Alouane, M. (1986). *Comptes Rendues de l'Académie des Sciences*. Paris, 283, 1145-1148.
- Cirac, P. (1985). *Le bassin sud rifain occidental au Néogène supérieur: évolution de la dynamique sédimentaire et de la paléogéographie au cours d'une phase de comblement*. Tesis Doctoral, Univ. Bordeaux I, 387, 285 p.
- Elfahssi, A. (1999). *Tectonique alpine, néotectonique et étude des formations marines quaternaires de la rive sud du Déroit de Gibraltar entre Tanger et Sebta (Rif, Maroc)*. Thèse Troisième Cycle, Univ. Mohammed V. Rabat, 253 p.
- El Gharbaoui, A. (1981). *Service Géologique et de Géographie Physique*, Rabat, 15, 439 p.
- Kornprobst, J. y Durand-Delga, M. (1985). *Carte géologique du Rif. Feuille de Sebta au 1/50.000*. Notes et Mémoires. Service Géologique. Maroc, 297.
- Suc, J.P. (1982). *Comptes Rendus de la Académie des Sciences*. Paris, 294, 1003-1008.
- Texier, J.P., Raynal, J.P. y Lefevre, D. (1985). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*. Paris, 301, 183-188.