

LAS PLATAFORMAS TRAVERTÍNICAS Y TOBÁCEAS DE LA PROVINCIA DE MÁLAGA (ESPAÑA)

JESÚS RODRIGO COMINO
JOSÉ M^a. SENCIALES GONZÁLEZ

RESUMEN

Travertinos y tobas son tipos de roca sobre las cuales no existen, aún, numerosos estudios en profundidad en la ciencia española actual. Advertimos las diferentes fuentes y discusiones históricas que subyacen a este tema, analizando clasificaciones y tipologías. Por otra parte, ejemplificamos el estudio de los travertinos y las tobas a partir de la gran variedad de ellos en la provincia de Málaga, para luego centrarnos en los más destacados, como los del entorno de la Serranía de Ronda, la Sierra de Mijas, o la Tejeda-Almijara. A partir de esta descripción, resaltamos que plataformas tobáceas y travertínicas destacan, además de por sus morfologías especiales y sus rasgos interesantes, por la evidencia de servir como importante recurso natural para las zonas que lo poseen: algunos de los lugares identificados comenzaron su poblamiento sobre estas litologías aprovechando dicho recurso; por tanto, en muchos casos poseen un potencial económico elevado.

ABSTRACT

Travertines and tufs are few types of rock on which numerous studies do not exist, still, in depth in the current spanish science. We warn the different sources and historical discussions that sublie to this topic, analyzing classifications and tipologies. On the other hand, we exemplify the study of travertines and tufas from the great variety of them in the province of Malaga, then to centre on the most out-standing, as those of the environment of Serrania de Ronda, Sierra de Mijas, or Sierra Tejeda-Almijara. From this description, we highlight that tobaceous and travertinic platforms stand out, besides for its special morphologies and its interesting features, for the evidence of serving as important natural resource for the lands that possess it: some of the identified places began its population on these lithologies taking advantage of the above mentioned resource; therefore, in many cases they possess an economic high potential.

PALABRAS CLAVE: Travertinos, tobas, karst, agua, recurso natural

KEY WORDS: Travertines, tufas, karst, water, natural resources

1. DEFINICIÓN DE TRAVERTINO Y TOBA: FUENTES Y DISCUSIONES

Se considera la obra de Cvijic, “*Die karstphänomenen*” (1893), el comienzo de los estudios sobre karst como parte diferenciada de la orografía terrestre. El modelado calcáreo resulta original en cuanto a formas, mecanismos y procesos específicos; en las particularidades de sus formaciones superficiales; y por su complejo modelado interno. Su amplia presencia sobre la superficie terrestre y la identificación y comprensión del mecanismo que explica su evolución hicieron de su estudio una de las ramas geomorfológicas más características desde principios del siglo XX (Colón 1998).

Las plataformas travertínicas y tobáceas son especiales dentro de este modelado pero aún carecemos de una clara expresión de su definición y distribución. A menudo, travertinos y tobas suelen incluirse mal en grupos indeterminados de rocas, referenciados como “depósitos cuaternarios”, “cuaternario indiferenciado” o, simplemente, omitidos por considerarse “formaciones superficiales”, restándole así su debida importancia. Según Pentecost (2005), las deposiciones travertínicas suelen localizarse alrededor de surgencias o asociarse a sistemas fluviales ricos en materiales calcáreos. Los más antiguos son a veces difíciles de reconocer. Su sistema hidrológico puede cerrarse en sí mismo y sus morfologías están muy modificadas por la erosión y la diagénesis. Reconocer las secciones suele requerir una caracterización de los microtejidos.

La palabra “travertino” proviene del italiano *Tivertino* (de *Tiverti*, Tívoli, Roma), mencionada en la literatura clásica por Vitrubio y por Plinio, refiriendo materiales de las canteras de esa región usados en ciudades como la propia Tívoli. También se usa el término toba (en inglés “*calcareus-tufa*” o “*tufa*”), aunque a veces se convierte en un concepto muy ambiguo aplicado a varios tipos de rocas indebidamente. Pero, como afirma Whittow (1984), las tobas son sedimentos depositados alrededor de fuentes de aguas subterráneas calcáreas que llegan a cementar gravas superficiales. En cambio, junto a aguas calientes o con menor presión se forman un tipo de toba conocido como travertino.

Las definiciones más claras y concisas que hemos hallado proceden de Pedley (1990):

- Travertino: antigua toba calcárea litificada donde el carbonato diagenético precipitado ha añadido bastante más tarde calcita libre a las fibras vegetales. También se aplica a depósitos sin macrófitas dominados exclusivamente por bacterias tolerantes al calor.
- Toba calcárea: depósito de alta porosidad en agua fría carbonatada, rico en brotes micro y macrofíticos, hojas y tejidos leñosos.

Ambas definiciones restringen los travertinos a depósitos de tobas calcáreas antiguas, con abundante cristalización y pobreza en macrofibras, ocasionalmente hidrotermales. Este mismo autor identifica varios tipos de tobas:

1. Depósitos autóctonos, distinguiendo tobas estructuradas (usualmente macrofíticas), por un lado, y tobas delimitadas o estromatolíticas, por otro.
2. Depósitos clásticos, distinguiendo tobas fitoclásticas; cianolíticas oncolíticas (oncolitos); intraclásticas (o detríticas); microdetríticas (diferenciables a su vez en micríticas y peloidales); y tobas paleosólidas (de pedocal o suelos calcáreos).

Tobas o travertinos, en ambos casos intervienen cambios de temperatura, procesos inorgánicos y elementos estructurales orgánicos que contribuyen a precipitar el carbonato cálcico y/o magnésico a partir de la transferencia por evasión o invasión del CO_2 a la superficie supersaturada en carbonato cálcico, posibilitando incluso la cristalización en forma de calcita o aragonito y reduciendo la porosidad de la formación (Pentecost 2005) inicialmente tobácea para dar lugar al travertino.

2. MORFOGÉNESIS Y MANIFESTACIONES SOBRE EL TERRITORIO

El interés del karst se centra en el mecanismo de solubilidad de la caliza en agua rica en CO_2 , responsable de procesos internos y externos que conforman relieves característicos superficial y subsuperficialmente. Contradice esta afirmación las condiciones locales tectónicas, donde en ciertos periodos la descarga de agua kárstica y la concentración en iones bicarbonato serían reducidas, si bien la pendiente elevada facilitaría una desgasificación física importante y, así, la precipitación de la mayor o menor cantidad de carbonato contenido en el agua. Adicionalmente, en estos periodos tendrían lugar episodios de mayor detritismo (Lozano *et alii* 1998).

A nivel peninsular y europeo (Henning *et alii* 1983) se han dado en una serie de etapas climáticas cálidas y húmedas de estadios isotópicos impares, mientras en los pares las condiciones climáticas frías impedirían el desarrollo travertínico y favorecerían la degradación de edificios previos. Durán (1987) señala que a nivel peninsular existen dos periodos de tiempo localizados entre 45.000-60.000 años y 160.000-180.000, correlacionables, en los que no se desarrollan travertinos.

2.1. Creación de la roca

Hay varias formas de generación de plataformas travertínicas y tobáceas. Según Pentecost y Viles (1994), se relacionan con procesos de precipitación y geoquímicos, unidos al dióxido de carbono. La mayoría de formas provienen de la desgasificación de este gas enriquecido en la superficie y el interior terrestre. El proceso se inicia al ser la roca calcárea disuelta por agua con CO_2 (“ácido carbónico”); ésta ataca el carbonato de la roca y la transforma en una solución con calcio e iones de bicarbonato (“bicarbonato cálcico”). La ecuación resultante sería: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}^{2+} + {}_2(\text{HCO}_3)$. Los depósitos tobáceos y travertínicos son una reacción a la inversa; el CO_2 perdido en la solución al contacto con la atmósfera, cuya concentración es más baja que aquella, se equilibra con el “ataque” producido bajo el suelo. En este proceso hay dos factores fundamentales: respiración de CO_2 del subsuelo y temperatura del agua. Según Pentecost y Viles (1994), las plataformas no suelen crearse con la reacción directa con el CO_2 de la atmósfera y el agua de los manantiales hiperalcalina, pues entonces tendríamos una ecuación distinta: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

El proceso de diagénesis (alteración de la roca después de generarse tras su deposición) produce cambios o efectos en los travertinos: disolución, recristalización, micritización de gránulos de sedimentos, bioturbación (de flora y de fauna fósil), cementación, compactación, oxidación de materia orgánica y formación autigénica de componentes del travertino (minerales originados en roca ya formada) (Tucker y Wright, 1991), hecho indispensable para formar el travertino en contacto y asimilación con la materia orgánica (microfósiles), que le proporciona su aspecto final.

Este proceso suele ocurrir en regiones subsuperficiales septentrionales (O’Neil y Barnes, 1971) o en zonas de contacto con producciones naturales o industriales de hidróxido de calcio (hay travertinos y tobas muy jóvenes por inducción antrópica, p.ej.: un garage subterráneo). Estas creaciones son más *invasivas* que evasivas respecto a su formación. También pueden hallarse travertinos menos comunes en zonas con aumento de temperatura del agua: discontinuidades tectónicas, volcanes, caídas de meteoritos o movimientos de tierra (hidrotermalismo por metamorfización incipiente). Su distribución no es regular: en realidad, los factores locales son más determinantes que los globales.

2.2. Tipos de plataformas tobáceas y travertínicas sobre el territorio

En contraste con la mayoría de superficies generadas por otros materiales, las morfologías travertínicas y tobáceas suelen ser construcciones en su estado natural, sin apenas transformación. Según Gregory (1911; citado por Pente-

cost, 2005), intuitivamente, los geomorfólogos integran travertinos y tobas como depósitos (formas naturales íntegras) y no como relieves modificados por la erosión. Son formas con poca edad relativa, muy susceptibles a “ataques” erosivos.

TABLA N° 1
CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS TRAVERTINOS
(PENTECOST Y VILES, 1994)

Autóctonos (in situ)	Posición hidrológica	Alóctonos (clásticos)	Posición hidrológica
Montículos	Manantial	Conos aluviales	Corrientes/ríos
Fisura/falla	Manantial	Barras fluviales	Corrientes/ríos
Áreas palustres	Manantial	Lagos y valles colmatados	Filtraciones/corrientes/ríos
Cascadas (incluidas las cuevas)	Filtraciones/corrientes/ríos		
Embalses	Filtraciones/corrientes/ríos		
Costras fluviales	Filtraciones/corrientes/ríos		
Clastos cimentados	Filtraciones/corrientes/ríos		
Costras lacustres y arrecifes	Lagos		

Numerosos autores han clasificado los depósitos según su morfología y marco de creación. Algunas clasificaciones contrastadas son las de Ordóñez *et alii* (1986) que diferencian *macroestructuras* (según posición relativa del agua respecto al nivel de la topografía), *mesoestructuras* (controladas por la ecología circundante) y *microestructuras* (dominadas por la eficiencia de la desgasificación); o la de Kano y Fuji (2000), que incluye cinco tipos según conformen construcciones incrustadas, pendientes planas, montículos, terrazas o cascadas. Pentecost y Viles (1994) los subdividen en autóctonos o *in situ* (por procesos que se dan o daban en ese lugar), y alóctonos (formados en medios turbulentos, a menudo sufren erosión temprana al generarse; contienen gran proporción de clastos). En la tabla 1 pueden apreciarse los tipos mencionados.

La concentración inicialmente está controlada por el clima, y, posteriormente, regula la precipitación del carbonato según la desgasificación física (influida por el incremento de velocidad del flujo de agua y, por tanto, de la

agitación y turbulencia, facilitando la precipitación de calcita) y/o biológica (Viles y Goudie 1990; Ordóñez y G^a del Cura 1997). En cursos fluviales, las posibles modificaciones externas al sistema pueden activar o inhibir la desgaseificación y, así, la nucleación y desarrollo de edificios travertínicos y tobáceos. Estas modificaciones suelen relacionarse con formaciones de naturaleza litológica diversa, que introducen discontinuidades morfotopográficas, hidrológicas e hidroquímicas en el sistema fluvial (Sancho *et alii* 1997). En otros casos, sobre todo para tiempos recientes y actuales, estos cambios pueden originarse por la actividad antrópica (Díaz del Olmo 1989; Goudie *et alii* 1993). La gran presión antrópica, en especial hacia el recurso agua, ha detenido el desarrollo de numerosas plataformas naturales.

Pero las modificaciones morfotopográficas e hidrológicas pueden ser también controladas por factores tectónicos. Ante etapas constructivas de larga duración, los travertinos no suelen poseer grandes espesores, paradójicamente; en este tiempo se mantiene cierto gradiente morfotopográfico en el perfil del río, existiendo continuidad en la actividad travertínica, pero la erosión los puede hacer disfuncionales. También son frecuentes intercalaciones de material detrítico, alternando etapas de aguas limpias que favorecen facies bioconstruidas de carácter fitohermal, con otras de mayor detritismo (Ordóñez y G^a del Cura, 1983; Ordóñez *et alii*, 1986; Pedley, 1990; Meléndez *et alii*, 1996). Según Durán (1996), los únicos depósitos ligados al karst en superficie son los travertinos; pueden ser activos o inactivos, pero sin duda, la segunda posibilidad es más probable.

3. TRAVERTINOS Y TOBAS EN LA PROVINCIA DE MÁLAGA

3.1. Introducción a las plataformas travertínicas y tobáceas de la provincia

En la provincia de Málaga hay gran número de plataformas travertínicas y tobáceas dispuestas irregularmente por el territorio. Su morfología varía según factores locales y en ocasiones carecen de estudios en profundidad o, simplemente, de aproximación que las diferencien como travertínicas o como tobáceas. Se hallan normalmente en zonas de descarga de acuíferos carbonatados (Mijas, Tolox, Alcaucín...) con contenidos altos de CO₂. En ocasiones hay travertinos o tobas que los mapas geológicos adscriben a “Cuaternario indiferenciado” o son ignorados, bien por su escasa relevancia espacial, o bien por combinarse con otras morfologías semejantes y de múltiple variedad litológica, englobándolas en un “fondo de saco”.

TABLA N° 2
PLATAFORMAS TRAVERTÍNICAS Y TOBÁCEAS EN LA
PROVINCIA DE MÁLAGA

Nombre	Municipio y Hoja	Cota max y min.	Ext. (Ha.)	Naturaleza	Uso
Archidona	Idem 1.024	700 - 605	73	Tobas calcáreas. Pleist. Inferior	Urbano
Cuevas del Becerro	Cuevas B. 1037	750 - 670	64	Travertinos. Pleist. Sup. 28.000BP	Urb./ Agro
Lozanilla	Cuevas B. 1.037	705 - 551	73	Travertinos. Pleist. Sup. 14000BP	Agromatorral
Serrato	Ronda .1037	670 - 580	142	Travertinos Pleist. Sup. 14000BP	Agro
Estación de Cañete	Cañete la Real 1.037	680 - 430	289	Travertinos Pleist. Sup. 35000BP	Agro
Cortijo Anta	Riogordo .1039	610 - 567	21	Tobas. No datado.	Agro
Cerro López, la Muela, Seco y Guaro	Periana 1.040	890 - 220 (4 niveles)	235	Travertinos en brechas calcáreas. Pliocuaternarios	Olivar
Mesa y río Zalia	Alcaucín 1.040	900 - 190	512	Travertinos en brechas calcáreas. (127.000 - 80.000 BP)	Agromatorral
Espino	Alcaucín .1040	980 - 810	26	Travertinos entre brechas calcáreas. Pliocuaternarios	Pastizal
Acinipo	Ronda 1.050	999 - 915	50	Calizas travertínicas/calizas con algas. Messiniense.	Arqueológico
Los Villares	Ronda 1.050	840 - 720	67	Calizas travertínicas. Messiniense.	Agro
Pilar de Coca	Ronda 1.051	805 - 750	92	Travertinos y calizas travertínicas Cuaternario	Dehesa
Lifa	Ronda 1.051	990 - 720	48	Travertinos y calizas travert. Cuaternario. Tobas Holoceno. manantial.	Pastizal / Forestal
Arroyo Piña *	Casarabonela 1.051	720 - 500	21	Travertinos y calizas travertínicas Cuaternario	Agro
Ar. del Lugar*	Alozaina 1.051	770 - 420	129	Travertinos y calizas travertínicas Cuaternario	Agro / Forestal

Nombre	Municipio y Hoja	Cota max y min.	Ext. (Ha.)	Naturaleza	Uso
Junquera	Idem 1.051	760 – 520	118	Travertinos y calizas travertínicas 350.000 BP – 7.500 BP	Urb./ Agro
Jorox	Yunquera/Alozaina 1.051	560 – 450	20	Travertinos y calizas travertínicas 350.000 – 7.500 BP	Agro / Forestal
Casarabonela	Idem 1.052	540 – 310	81	Tobas pliocuaternarias, travertinos a techo	Urb./ Agro
Alhaurín Torre	Idem 1.052-1.066	120 – 70	64	Travertinos y tobas. Riss-Würm.	Urbano
Cárcel Alh. Torre	Idem 1.052-1.066	90 -50	27	Travertinos y tobas. Riss-Würm.	Urb./ Agro
Churriana	Málaga .1053	50 – 20	139	Tobas. Würm (75.400 BP)	Urbano
Maro #	Nerja 1.055	70 – 0	24	Travertinos y tobas (46.000 BP)	Agro
Ojén	Ojén 1.065-1.066	410 – 210	34	Travertinos Pleistoceno-Holoceno	Urb./ Agro
Pto. Rico Alto	Marbella 1.065	410 – 300	18	Travertinos Pleistoceno-Holoceno	Agro
Coín	Idem 1.066	320 – 120	541	Travertinos y tobas. No datado	Urb./ Agro
Alh. Grande	Idem 1.066	340 – 120	618	Travertinos, tobas. Würm (28700)	Urb./ Agro
Benalmádena	Idem 1.066	230 – 100	39	Travertinos y tobas. Riss-Würm (109.000 -86000 BP)	Urbano
Mijas	Idem 1.066	480 – 300	33	Travertinos y tobas. Riss-Würm (217.000 BP)	Urbano
Torremolinos	Idem 1.067	53 – 0	174	Tobas. Würm (25000-26000 BP)	Urbano

* En estos casos existen discrepancias manifiestas entre hojas contiguas, no considerando una de ellas que la formación sea travertínica o tobácea. # La formación tobácea de Maro ocupa según el mapa geológico algo más de 3 Ha., pero es claramente superior en extensión: 240.000 m².

Las plataformas más antiguas de Málaga (tabla 2) corresponden al Mio-Plioceno, pero el resto de los travertinos, cuaternarios, están en relación más o menos directa con relieves kársticos actuales o subactuales, si bien muchos

de ellos sólo se han datado relativamente. En general, los travertinos son más abundantes en los macizos kársticos de las Zonas Internas Béticas, sobre todo del Complejo Alpujárride y Dorsal Bética. En las Zonas Externas, aunque presentes, se limita el número y volumen de afloramientos, debido quizá al tipo de flujo de los sistemas kársticos (más o menos controlado por grandes conductos) y al grado de dolomitización.

Abundan los travertinos en cascada o filtraciones en surgencias de relieves muy escarpados, aunque prácticamente están representados todos los tipos y facies descritos en la tabla 1. Estos depósitos exokársticos, además, son buenos marcadores climáticos. Numerosos trabajos extraen información paleoclimática de su estudio, siendo quizá el primero que relacione directamente y con dataciones absolutas los travertinos en la provincia de Málaga el de Cruz San Julián (1981), señalando episodios cálidos o templados cuaternarios y sugiriendo sendos interestadios para explicar los travertinos de Cuevas del Becerro y de la Mesa y de la Estación de Cañete La Real. Travertinos y tobas suponen un total de 3.758 Ha. en la provincia de Málaga (un 0'51% de la superficie total), a las que habría que sumar numerosas superficies inferiores a 10 Ha. (y por tanto no cartografiables).

Otras plataformas no tan estudiadas o con menos relevancia territorial (< 10 Ha.) son:

- Río de la Cueva (Comares), travertinos bajo regadío.
- Arroyo Guerrero y Finca el Romeral (Antequera), tobas calcáreas con cubierta forestal y agroforestal respectivamente.
- Arroyo Cisneros y Alto Campanillas (Almogía y Casabermeja, respectivamente), agrícolas con tobas no datadas.
- Río Seco y el Alcázar (ambos en Alcaucín): travertinos pliocuaternarios entre brechas calcáreas y travertinos no datados, agrícola y forestal respectivamente; el del Alcázar se corresponde con el cercano de Espino (Alcaucín).
- Las Raíces (Canillas de Aceituno), travertino no datado con uso forestal recreativo, a la salida del barranco de Almanchares.
- Cahorros del Río Chíllar (Nerja), travertinos y tobas cuaternarias en uso forestal.
- Río de la Miel (Nerja), travertinos de pequeña extensión de 245.000-239.000 años.
- Río Horcajos (Tolox): dos pequeñas terrazas de travertinos y calizas travertínicas colgadas sobre el barranco, con uso agrícola y forestal. 400.000 a 143.000 años. (350.000 – 105.000, según Durán, 1996).
- Puerto Martínez (Casarabonela): pequeña plataforma con uso forestal-pasizal; es una de las más antiguas datadas en la provincia, mio-pliocena.

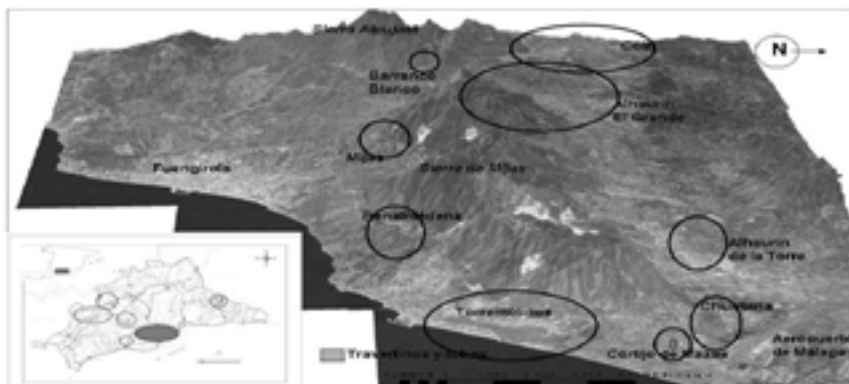
- Igualeja (pueblo): dos pequeñas terrazas de travertinos junto al río; uso agrícola.
- Barranco Blanco (Coín): pequeña terraza travertínica en el cauce del arroyo Alaminos. Uso residencial.
- Cortijo Mazas (Málaga-Torremolinos). Travertinos de 350.000 años (Mindel-Riss).
- Ar. de la Venta (Teba): travertinos de 9.000 años, no cartografiados; uso agrícola.
- Pie del Tajo de Ronda (Ronda): 95.500 BP, en uso agrícola.
- Istán (pueblo). Travertinos holocenos. Huerta.
- Fuente de la Estación de Benaoján. No datado. Huerta
- Cascada de Faraján (Faraján). No datado. Huerta.
- La Mina y el Daire (Cómpeta). No datados. Residencial y forestal.

3.2. Plataformas travertínicas y tobáceas más destacados de la provincia de Málaga

3.2.1. Sierra de Mijas

La S^a de Mijas (Figura 1) es un cordón montañoso litoral de mármoles alpujárrides entre la cuenca neógena de Málaga (N.) y el mar Mediterráneo (S.). Todos sus flancos poseen masas travertínicas de entidad variable asociadas a manantiales, aunque hoy día la explotación intensa a que están sometidas las aguas subterráneas ha provocado la desaparición de buena parte de estos.

FIGURA N° 1
TRAVERTINOS Y TOBAS DE LA SIERRA DE MIJAS



Durán *et alii* (1988) estudian la edad de tres formaciones calcáreas del flanco S. de esta sierra, hallando connotaciones paleoclimáticas: en Mijas, los travertinos se depositaron durante un estadio cálido interglacial; los de Benalmádena en el interglacial Riss-Würm; y las tobas de Torremolinos son de carácter frío, coincidiendo con un máximo en la distribución frecuencial de travertinos peninsulares. Los tres edificios poseen cierta envergadura y se sitúan a cotas de 400-430 m (Mijas), 250-220 (Benalmádena) y 80-0 m.s.n.m. (Torremolinos). Están escalonados, con una altitud en relación directa a su antigüedad. También hay estrecha dependencia espacial respecto a la situación de los niveles freáticos en los distintos compartimentos hidrogeológicos (6 bloques diferentes en el acuífero de la S^a de Mijas).

Hay otros cuatro afloramientos travertínicos al N. y E. de la sierra, a los que se suman Coín y Barranco Blanco, relacionados con S^a de Alpujata. De los de S^a de Mijas, destacan en la vertiente N. del macizo Churriana, Alhaurín de la Torre y Alh. el Grande, y un cuarto, no cartografiable, en el flanco E. (Cortijo de Mazas, Málaga). Aquí la relación entre cota y edad no se cumple: el edificio más bajo (Cortijo de Mazas) es el más antiguo, y el más elevado (Alh. el Grande) es el más moderno. En conjunto, las dataciones realizadas en la S^a de Mijas (según Durán *et alii*, 1988) definen con claridad cuatro episodios de travertinización:

El más antiguo (>350.000 años) en la vertiente oriental, desmantelada y aislada del macizo por erosión, se sitúa sobre materiales pliocenos; es el único testimonio de las más viejas fases de travertinización en este macizo. Esta fase quizá esté en relación con el inicio de la estructuración del drenaje kárstico hacia la cuenca de Málaga. Se halla en el Cortijo de Mazas (Málaga-Torremolinos) y no es cartografiable a 1:50.000.

Un 2º episodio representan los travertinos de Mijas y Alh. de la Torre (217.000 BP). Esta fase de travertinización puede relacionarse con el levantamiento y basculamiento hacia el este del macizo y el progresivo encajamiento de la red de drenaje exterior.

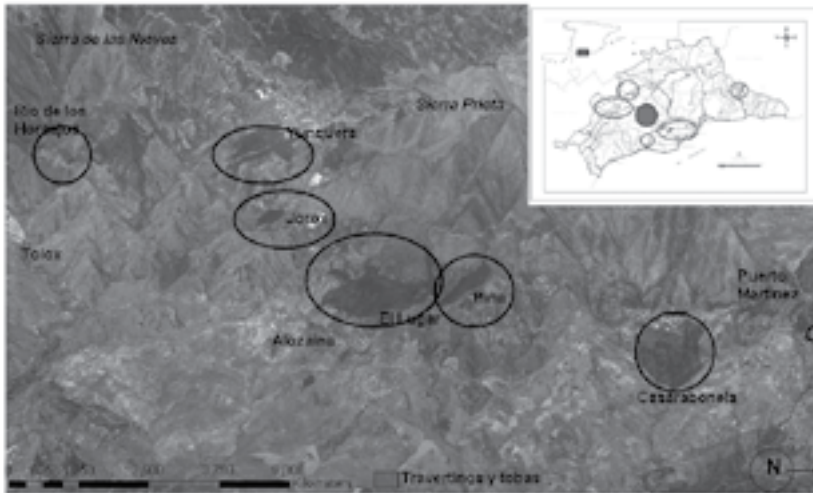
Un tercer episodio, al que pertenecen los travertinos de Benalmádena y Churriana (109.000-75.400 BP), situados a menor cota que los de la generación anterior, poseen un claro condicionamiento climático, y puede ligarse a la actividad continuada del macizo y los procesos erosivos más acentuados sobre las laderas más orientales, provocado por el encajamiento de la red fluvial de la cuenca del Guadalhorce y de la vertiente mediterránea.

Un cuarto y último episodio se representa por los travertinos de Torremolinos y de Alhaurín el Grande (28.700-25.000), a cada extremo de la Sierra, según una diagonal NO-SE.

3.2.2. Cabecera de Río Grande (Casarabonela, Tolox, Yunquera, Jorox, Alosaina)

Delannoy (1987, 1992) y Delannoy *et alii* (1989, 1993) encuadran el conjunto de travertinos del piedemonte mediterráneo de la Serranía de Ronda en seis fases proclives a la acumulación de estos carbonatos continentales. Tras analizar los respectivos medios bioclimáticos a través de evidencias florísticas y faunísticas, vinculan óptimos climáticos y etapas de travertinización, altamente relacionadas por la abundancia de materia orgánica.

FIGURA N° 2 TRAVERTINOS DE LA CABECERA DEL RÍO GRANDE



La falda meridional de las sierras de las Nieves y Prieta (Figura 2), con materiales carbonatados de la Dorsal Bética y Complejo Alpujarride, posee numerosos edificios travertínicos. Los de Tolox suponen tres plataformas escalonadas sobre el río de los Horcajos (no cartografiables a 1:50.000), en el contacto entre materiales carbonatados de la Dorsal Bética y peridotitas Alpujarrides, y a cotas 465, 420 y 390 m. respectivamente, con edades de entre >400.000 años la más alta (Mindel), 247.000 la 2ª (Mindel-Riss) y 143.000 la 3ª (Riss-Würm).

Los travertinos de Jorox se sitúan sobre la denominada Garganta de las Siete Fuentes, asociados a un manantial en el contacto entre materiales carbonatados de la Dorsal Bética y la Unidad de Yunquera, con otros impermeables Alpujarrides y Maláguides. Delannoy *et alii* (1993) distinguen cuatro conjuntos en esta unidad:

- El conjunto superior se sitúa a 585-560 m de altitud, con dos formaciones travertínicas imbricadas, colgadas respecto a la surgencia kárstica (530 m.s.n.m.).
- El intermedio (plataforma de Jorox), a cotas 500-480 m, está bajo el nivel de la surgencia.
- El tercero, a 415-410 m de altura, está canalizado en el río Jorox, aguas abajo del manantial.
- El cuarto conjunto o inferior, a 380 m., aguas abajo, se encuentra igualmente colmatando el valle fluvial. Existen, además, otros depósitos de cascadas travertínicas, erosionados.

Los travertinos de Yunquera se sitúan en la ventana tectónica del municipio, que deja aflorar materiales de la Dorsal Bética bajo los Alpujárrides; se relacionan espacialmente con el manantial de El Plano, hoy regulado mediante sondeo, pueden diferenciarse tres conjuntos escalonados (según Delannoy *et alii*, 1993):

- El conjunto superior, a 680-660 m de cota, constituido por al menos tres generaciones de travertinos de edades distintas.
- El conjunto intermedio, a 600 m de altitud, con dos generaciones travertínicas de las que aún se desconoce su edad.
- Y el conjunto inferior, situado a 570-560 m.s.n.m., cuya base llega hasta los 530 m.

El travertino de Puerto Martínez (no cartografiado, al N. de Casarabonela), en el contacto entre materiales carbonatados de la U. de Yunquera y esquistos de la U. de los Reales, ambas Alpujárrides, presenta una cota cercana a los 600 m., en el extremo NE. de S^a Prieta. Delannoy *et alii* (1993) lo datan hacia el Mioceno medio-superior/Plioceno inferior, por su relación con formaciones adyacentes de edad conocida regionalmente. Esta adscripción cronológica se apoya en depósitos pliocenos próximos a cota similar y en los restos vegetales indicativos de laurisilva tropical o subtropical, característica de un paleoclima reinante en el Mediterráneo durante el Mioceno terminal o el Plioceno inferior. Es el depósito exokárstico carbonatado más antiguo conocido en la región, asegurando la actividad karstogenética en la Serranía desde al menos 5 millones de años.

3.2.3. Alto Guadalteba – Río Corbones y plataformas rondeñas (N. de la Serranía de Ronda)

Hay travertinos en el sector N. de la Serranía de Ronda. El primero y más extenso, estudiado por Cruz San Julián (1981), se reparte entre las sierras

de los Merinos, de Cañete la Real y Peñarrubia (Figura 3). El segundo fue estudiado y datado por Delannoy (según Durán 1996) en el Tajo de Ronda, y por Serrano (1979) y Ruiz Reig (1990) en el entorno de la ciudad de Ronda (Figura 4).

FIGURA N° 3 TRAVERTINOS DEL ALTO GUADALTEBA Y RÍO CORBONES

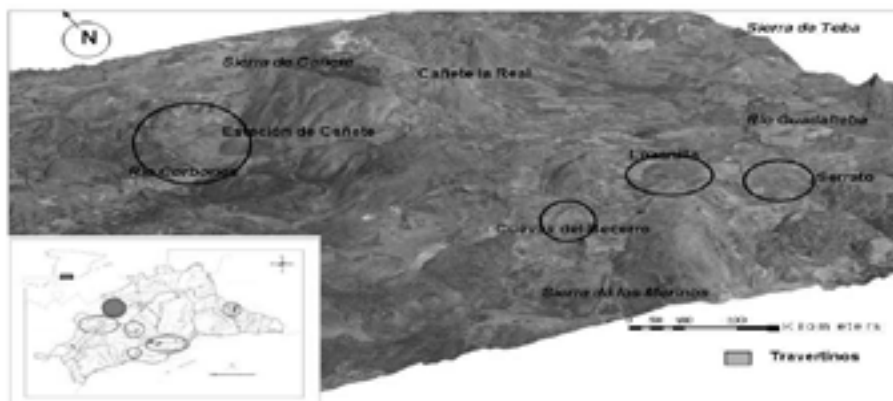
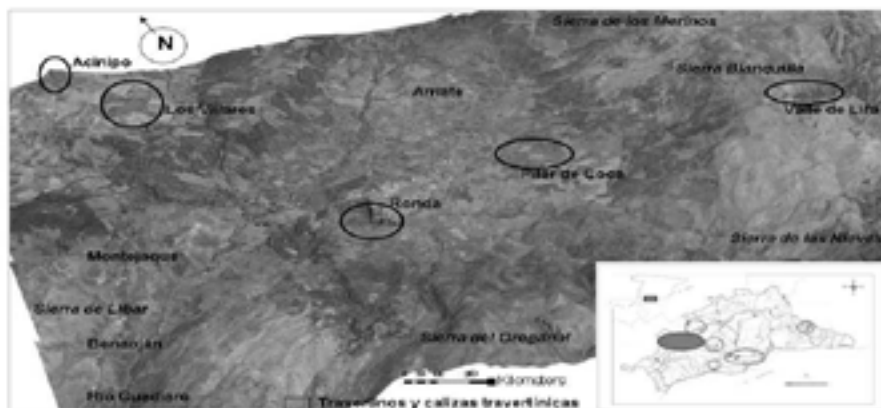


FIGURA N° 4 TRAVERTINOS DE RONDA



Los travertinos de Guadalteba están ligados a descargas de acuíferos del N. de la Serranía de Ronda. Cruz San Julián (1981) estudia data la evolución

geomorfológica y paleohidrogeológica del sector, hallando coherencia entre cotas de travertinos y su edad. Estima el encajamiento de la red de drenaje variable entre 1 mm/año en Cuevas del Becerro, y 7,5 mm/año en una 1ª etapa en la Mesa-Serrato, pasando por 4 mm/año en los últimos 35.000 años en Estación de Cañete.

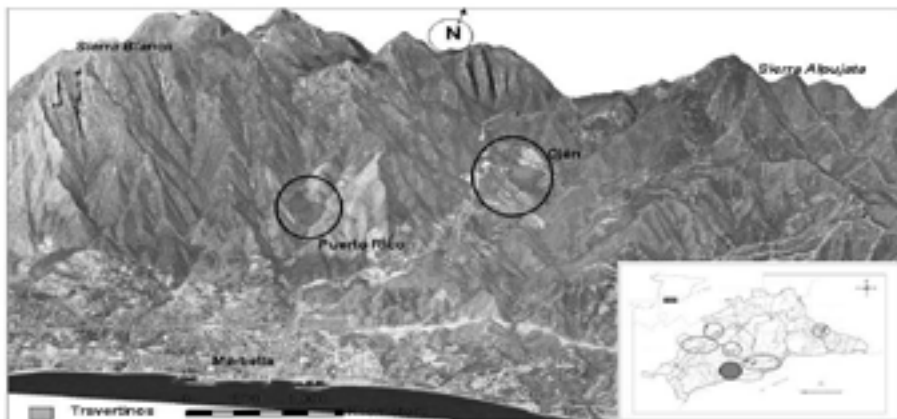
Delannoy (según Durán 1996) data los travertinos del Tajo de Ronda en el Würm (95.500 BP) y señala su erosión por la acción fluvial agresiva de episodios fríos del Pleistoceno superior.

Plataformas travertínicas de interés coronan las mesas de Acinipo y los Villares (límite NO.), así como Valle de Lifa (E. de Ronda). Serrano (1990) data Acinipo y los Villares, donde hay calizas travertínicas blancas con restos de algas, en el Messiniense superior (5'4–5'33 millones de años), coincidentes con la edad de los travertinos de Puerto Martínez (Casarabonela), antes citados. En Pilar de Coca (meseta rondeña), Ruiz Reig (1990) sólo identifica su edad Cuaternaria. Y para la formación del valle de Lifa, Delannoy (1987) señala que es actual, pues son tobas de cañón en el fondo del valle, ligadas a un manantial.

3.2.4. Sierra Blanca de Marbella y Ojén

Aunque hay estudios específicos sobre el karst de S^a Blanca (Andreo, 1997; Andreo *et alii* 1998), escasea la información específica sobre los travertinos de Puerto Rico (Marbella) y de Ojén (Figura 5); los mapas geológicos solo los adscriben al Cuaternario. Hay que añadirles en el flanco NO. de la sierra los travertinos de Istán, no cartografiados.

FIGURA N° 5 TRAVERTINOS DE MARBELLA Y OJÉN

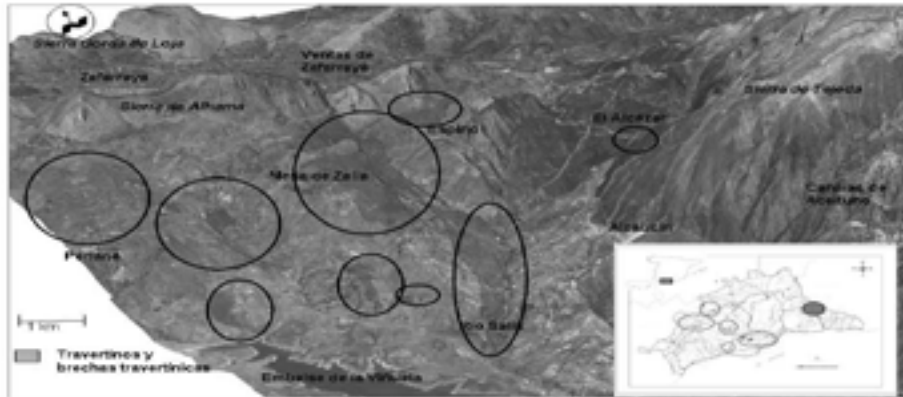


Dataciones relativas según su morfología aproximan la edad de los travertinos de Ojén a un largo periodo de acumulación que llega a la época actual; el de Istán podría ser Holoceno y, finalmente, el de Puerto Rico, aunque posee depósitos actuales, su estructura en cascada colgada a más de 30 m. del curso actual lo adscribiría a época pleistocena.

3.2.5. Sierras de Almijara, Tejada y Alhama

Las Sierras de Tejada-Almijara y Alhama poseen las formaciones travertínicas más extensas de la provincia. Destacan travertinos y brechas travertínicas del contacto entre la subbética S^a de Alhama y la penibética Tejada (Figura 6), y, por otra parte, al SE. del conjunto, la característica (y turística) formación travertínica de Maro, junto con la del río de la Miel, ambas en Nerja.

FIGURA N° 6
TRAVERTINOS DE ALHAMA Y TEJEDA



La 1^a formación, al S. del polje de Zafarraya, fue adscrita al plio-cuaternario inicialmente (Vera 1969), pero dataciones de la parte somital de la mesa de Zalia lo sitúan en 127.000- 80.000 BP (Durán 1996). El conjunto es extenso (512 ha.), con cotas entre 700-900 m. en el área central y bloques travertínicos que se extienden hasta los 250 m. a lo largo del valle del río Salía. A esta unidad central se añaden bloques dispersos entre Periana y Alcaucín (251 ha. más) y bloques travertínicos y plataformas como Espino y El Alcázar, a semejantes cotas a la mesa de Zalia, pero en la orilla opuesta del valle. Ello hace suponer una antigua y extensa plataforma dismantelada por el río Salía, a semejanza de otras en toda la cuenca del río Vélez, al cual tributa (Senciales 1995).

Diversos autores estudiaron los travertinos de Maro y río de la Miel (Jordá 1988; Andreo y Carrasco 1993; Durán 1996), pero el mapa geológico 1055-Motril ofrece una reducida extensión discrepante con la que éstos señalan (240.000 m², entre cotas 100 y 0 m, prologándose bajo del mar); ante la ausencia de cartografía válida de referencia, omitimos su representación. La edad calculada para los travertinos del municipio de Nerja (Durán 1996) oscila entre 245.000 BP en río de la Miel, y 46.000 BP en Maro. En ambos casos, son travertinos en cascada, ligados a importantes surgencias próximas a la costa que, en el caso de Maro, provocan la caída del agua directamente al mar desde una altura considerable.

4. CONCLUSIONES: TRAVERTINOS Y TOBAS COMO RECURSO

Recursos y formas de explotación evolucionan según la capacidad cultural y técnica de las sociedades explotadoras. Karst y travertinos ofrecen un marco geográfico proclive a la autosuficiencia en diversas épocas y condiciones socio-culturales. La parálisis de los travertinos, al recortarse o finalizar la transferencia de carbonatos entre áreas de disolución y de surgencia, obedece a un fenómeno debido a menudo su manejo antrópico y el de sus cuencas-vertientes.

En la provincia de Málaga, su distribución coincide a veces con núcleos urbanos de diversa entidad: Torremolinos, Ronda, Coín... Se explica por el aprovechamiento histórico de los recursos, pues los travertinos poseen ventajas en este sentido. Al hablar de travertinos o de tobas, se piensa en agua cercana y abundante actual o histórica. Muchas de estas poblaciones “beben” de manantiales en su contacto. Esta es la primera y determinante pista de su importancia y una de las claves del interés por estas formas geológicas. El régimen de surgencias o fuentes es fundamental para su manejo, pues, frente a una ordenación mínima de pozos o manantiales (pilón, grifo, caño,...), hay diversas manifestaciones arquitectónicas de fuentes y acueductos en todas las etapas históricas, según la intensidad del caudal transportado y la demanda de la población abastecida.

También son útiles en la provincia para la irrigación agrícola (Colón, 1998). Son tres los lugares prototípicos de esta actividad en el karst: surgencias con escalonamiento de anchas plataformas travertínicas, dolinas (y torcas), y poljés, tanto más, cuanto mejor es el relleno que tapice su fondo. La abundancia de agua y, a la vez, de bases de calcio que generan compuestos estables con materia orgánica sin descomponer, implican a menudo alta fertilidad edáfica. Por ello, en travertinos y tobas mediterráneas agrícolas se detecta un manejo integral desde época romana (p. ej.: Acinipo o Maro –*Detunda*-), en relación directa con el crecimiento urbano y la agricultura. Así numerosas plataformas travertínicas y tobáceas pueden ocultar, además, restos arqueológicos.

Las propiedades de alcalinidad, termalismo, sulfatos, etc. de algunas surgencias kársticas aportan un carácter terapéutico explotado desde antiguo y mantenido a veces hasta hoy día. En la Serranía de Ronda las surgencias travertínicas del contacto entre Dorsal y mantos Alpujárrides favorecen el desarrollo hidrotermal. Su explotación con fines curativos data de época romana. La Fuente Amargosa de Tolox, con aguas muy carbónicas y mineralizadas a 20° C. (Delannoy 1987) se usa como balneario, como lo fueron Barranco Blanco (Coín), Tajo de Ronda (ambos abandonados) y Baños de Vilo (Riogordo). También se han utilizado (aunque en Málaga no tenemos constancia de ello) como fuente para la obtención de material de construcción.

Finalmente, estas formaciones ofrecen estructuras llamativas que sirven como reclamo paisajístico y, así, turístico (Mijas, Benalmádena, Torremolinos, Maro), a veces subestimado (Zalia, Acinipo, Jorox) y, por tanto, subexplotado.

Entender travertinos y tobas como formaciones de interés, más allá de su conocimiento científico, es fundamental para lograr una ordenación adecuada de sus extensiones, dado que no se limitan a una mera formación geológica más o menos llamativa: implican la presencia de agua, suelo, arqueología y construcción, siendo, por tanto, un elemento patrimonial destacable.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREO, B. & CARRASCO, F. (1993): "Estudio hidrogeológico del entorno de la Cueva de Nerja". En *Geología de la Cueva de Nerja* (F. Carrasco, ed.). Patronato Cueva de Nerja, Málaga, Trabajos, 3, 163-87.
- ANDREO, B. (1997): *Hidrogeología de acuíferos carbonatados en las Sierras Blanca y Mijas (Cordillera Bética, Sur de España)*. SPICUM UMA. Málaga, 489 pp.
- ANDREO, B. *et alii* (1998): "El karst en los mármoles alpujárrides de las sierras Blanca y Mijas (provincia de Málaga)". En *Karst en Andalucía* (J. J. DURÁN & J. LÓPEZ eds.). ITGE, Madrid: 131-43.
- COLÓN, M. (1998): *Montaña y Karst mediterráneo: especificidad, antropización y gestión ambiental*. Universidad de Cádiz, Servicio de Publicaciones, Cádiz, 21-7 y 137-90.
- CRUZ-SAN JULIÁN, J. (1981): "Evolución geomorfológica e hidrogeológica reciente en el sector Teba-Cañete la Real (Málaga) a la luz de la datación de formaciones travertínicas". *Bol. Geol. Min.* XCII-IV, 297-308.
- DELANNOY, J. J. (1987): *Reconocimiento biofísico de espacios naturales de Andalucía. S^a de Grazalema (1:30.000) y S^a de las Nieves (1:40.000)*. Casa de Velázquez, Junta de Andalucía. Sevilla. 50 pp. + 2 mapas.
- DELANNOY, J. J. *et alii* (1989): "Datation de travertins, les exemples de Meyrarques et de Tolox". *Speleochronos*, 1, 29-32.
- DELANNOY, J. J. (1992): "Les apports de la karstologie dans la définition morphogénique d'un massif montagnard méditerranéen (Exemple de la Sierra de las Nieves, Andalousie, Espagne)". En *Karst et evolutions climatiques. Hommage a J. Nicod*, Presses Universitaires, Bordeaux, 153-75.
- DELANNOY, J.J. *et alii*: "Formaciones travertínicas del piedemonte mediterráneo de la Serranía de Ronda (Málaga)". *Cuad. Geogr.*, 54, 189-222.
- DURÁN, J.J. (1987): "Geocronología de los depósitos asociados al karst en España". En *El karst en España* (J.J. DURÁN & J. MARTÍNEZ, eds.). Monografía S.E.G., 4, 243-56.
- DURÁN J.J. (1996): *Los sistemas kársticos de la provincia de Málaga y su evolución: contribución al conocimiento paleoclimático del cuaternario en el mediterráneo occidental*. Tesis doctoral, UCM, 404 pp.
- DURÁN, J.J., GRÜN, R. & SORIA, J.M. (1988): "Edad de las formaciones travertínicas del flanco meridional de Sierra Mijas (provincia de Málaga, Cordilleras Béticas)". *Geogaceta*, 5, 61-3.
- GOUDIE, A., VILES, H. & PENTECOST, A. (1993): "The late-Holocene tufs decline in Europa". *The Holocene*, 3, 181-6.
- GREGORY, J.W. (1911): "Constructive waterfalls". *Scott. Geogr. Mag.*, 27: 537-546.
- HENNING, G., GRÜN, R. & BRÜNNACKER, K. (1983): "Speleotems, travertines and paleoclimates". *Quat.Res.* 20, 1-29.
- JORDÁ PARDO, J.F. (1988): "Los travertinos del extremo oriental de la costa de Málaga". En *Actas del II Congreso Geológico de España*, vol. 1. Univ. de Granada y Soc. Geol. de España. Granada, 391-4.

- KANO, A. & FUJI, H. (2000): "Origin of the gross morphology and internal texture of tufas of Shirokawa Town, Ehime Prefecture, southwest Japan". *Geol. Soc. Jpn.*, 106 y 397-412.
- LOZANO, M.V., PEÑA, J.L. & SANCHO, C. (1998): "Los travertinos del río Mijares en el Molino de la Hoz (Cordillera Ibérica Oriental, Prov. de Teruel)". En *Investigaciones recientes de la Geomorfología española* (A. GÓMEZ ORTIZ Y F. SALVADOR FRANCH, eds.), Soc. Esp. de Geomorfología. Barcelona, 375-84.
- MELÉNDEZ, A., PEÑA, J.L. & SANCHO, C. (1996): "Factores físico-químicos que intervienen en el desarrollo de las barreras tobáceas bioconstruidas del río de la Fuente del Berro (S^a de Albarracín, Teruel)". *Rev. Soc. Geol. España*, 9 (1-2).
- O'NEIL, J.R. & BARNES, I. (1971): "C13 and O18 compositions in some freshwater carbonates associated with ultramafic rocks and serpentinites: western United States". *Geochim. Cosmochim. Acta*, 35: 687-97.
- ORDÓÑEZ, S., GONZÁLEZ, J.A. Y GARCÍA, A. (1986): "Sedimentación carbonática actual y paraactual en las lagunas de Ruidera". *Rev. de Materiales y Procesos Geol.*, 4: 229-55.
- ORDÓÑEZ, S. & GARCÍA DEL CURA, M.A. (1983): "Recent and Tertiary fluvial carbonates in Central Spain". En *Ancient and modern fluvial systems. International Association of Sedimentologists* (J. D. COLLINSON J.D. & J. LEWIN, Eds). Inter. Assoc. Sediment, Special Public., 6: 485-97.
- ORDÓÑEZ, S. & GARCÍA DEL CURA, M.A. (1997): "Tipología y génesis de depósitos tobáceos fluvio-lacustres: el sistema tobáceo de Las Lagunas de Ruidera (Ciudad Real-Albacete)". *Cuad. Geol. Ibérica*, 22 y 333-48.
- PEDLEY, H. M. (1990): "Classification and environmental models of cool freshwater tufs". *Sedimentary Geology*, 68,143-54.
- PENTECOST, A. (2005): *Travertine*. Geolog. Assoc., Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 445 pp.
- PENTECOST, A. & VILES, H. (1994): "A review and reassessment of travertine classification". *Geogr. Phys. Quaternarie*, 48: 305-14.
- RUIZ REIG, P. (1990) (Coord.): *Memoria y hoja del mapa geológico de España 1:50.000, Hoja 1.051-Ronda*. ITGME, Madrid. 56 pp.
- SANCHO, C., PEÑA, J.L. Y MELÉNDEZ, A. (1997): "Controls on Holocene and present-day travertine formation in the Guadalaviar River (Iberian Chain, NE Spain)". *Zeitschrift für Geomorphologie*, 41, 289-307.
- SENCIALES, J. M^a (1995): *La cuenca del río Vélez. Estudio Hidrográfico*. Tesis Doctoral. UMA, p. 219.
- SERRANO, F. (1979). *Los foraminíferos planctónicos del Mioceno superior de la cuenca de Ronda y su comparación con las otras áreas de las Cordilleras Béticas*. Tesis Doctoral. UMA, 272 pp.
- TUCKER, M.E. & WRIGHT, V.P. (1991): *Carbonate Sedimentology*. Blackwell, London, 482 pp.
- VERA, J.A. (1969): "Estudio geológico de la Zona Subbética en la transversal de Loja y sectores adyacentes". *Memorias IGME*, 72: 187.
- VILES, H. & GOUDIE, A. (1990): "Tufs, travertines and allied carbonate deposits". *Prog. Phys. Geog.*, 14: 19-41.
- WHITTOW J.B. (1984). *Diccionario de Geografía Física*. Alianza, Madrid, pp 503 y 508.