

# *El sistema de represas tobáceas poco evolucionadas del río Arquillo (Alcaraz-Albacete)*

M. A. GARCÍA DEL CURA<sup>1 2y3</sup>, J. A. GONZÁLEZ MARTÍN<sup>2</sup>, y S. ORDÓÑEZ<sup>1y3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geología Económica, CSIC, Facultad de Geología, Universidad Complutense, Madrid.

<sup>2</sup> Dep. de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, 28049 Madrid.

<sup>3</sup> Laboratorio de Petrología Aplicada, Dep. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, Ap. 99.03080 Alicante.

## RESUMEN

Se describe por primera vez el sistema de represas tobáceas holocenas así como restos de otras construcciones tobáceas pleistocenas del valle del río Arquillo (Alcaraz, Albacete, España). Se hace un estudio petrológico-sedimentológico del sistema holoceno-actual y se contrasta con el de Ruidera. De dicha comparación se concluye que se trata de un sistema menos evolucionado en el que los procesos biológicos, especialmente los relacionados con actividad bacteriana, han desempeñado un mayor papel en la precipitación de carbonatos.

**Palabras clave:** calizas tobáceas, barreras tobáceas, sistema fluvio-lacustre, río Arquillo, Albacete.

## ABSTRACT

Holocene tufa barrages, as well as other Pleistocene tufa buildups and deposits of the Arquillo river (Albacete, Spain) are for the first time described. A comparative petrological and sedimentological study of these Holocene tufa deposits with the Ruidera deposits let us demonstrate their lower maturity and also the highest significance of bacterial activity in carbonate precipitation of the Arquillo river tufa sediments.

**Keywords:** freshwater tufa, barrage tufas, fluvio-lacustrine system, Arquillo river, Albacete.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la zona limítrofe entre el Prebético y la Llanura Manchega, el afloramiento superficial de los acuíferos cuyas aguas están cargadas de carbonatos, procedentes principalmente del lixiviado de materiales del Lías, originan, cuando las condiciones geomorfológicas son propicias, interesantes sistemas tobáceos fluviales. De estos sistemas el más conocido es el de las Lagunas de Ruidera (Ordóñez, González y García del Cura, 1986), pero en la provincia de Albacete existen otros sistemas que han alcanzado menos desarrollo y son menos conocidos, uno de los cuales, el del río Arquillo, afluente del río Jardín, es el objeto del presente trabajo. La presencia de humedales relacionados con el río Arquillo (Arquillo-Pesebre, Cuenca del Júcar) queda recogida por Cirujano, Montes y García (1978) atribuyéndoles una extensión aproximada de 4,2 Ha.

El río Arquillo y el río Pesebre, ambos afluentes del río Jardín, nacen a 1.300/1.400 m, en la Sierra de Alcaraz, en pleno «Frente de Escamas» del Prebético, en el que los retazos de Mioceno marino aparecen pinzados entre las dolomías y carniolas del Lías Inferior (Álvaro, García Argüeso y Elízaga, 1975). Este dispositivo estructural controla el irregular perfil longitudinal de estos ríos, caracterizado por segmentos cortos de acentuada inclinación que alternan con otros en los que la pendiente del cauce se hace mucho más suave. Cuando los cauces abandonan la Zona de Escamas, entran en la denominada Zona de Cohertera Tabular Mesozoica (carbonatos del Lías), fosilizada hasta el valle del río Jardín, por depósitos marinos de edad mioceno con una disposición casi horizontal; columnas litoestratigráficas locales de esta zona, especialmente de los materiales jurásicos, pueden verse en Linares y Rodríguez Estrella, 1973.

## 2. DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LOS DEPÓSITOS HOLOCENO-ACTUAL

En el río Arquillo encontramos una serie de nueve edificios de represas o barreras tobáceas, que retuvieron la corriente y originaron un sistema de pequeñas lagunas, de variable tamaño y diversa profundidad, donde tuvo lugar una sedimentación carbonatada.

Estos conjuntos han sido funcionales hasta hace poco tiempo, originando un paisaje que podría definirse como un modelo reducido de las Lagunas de Ruidera. Sanchez Ortega, (1993) recoge un «Croquis de los Ojos del Arqui-

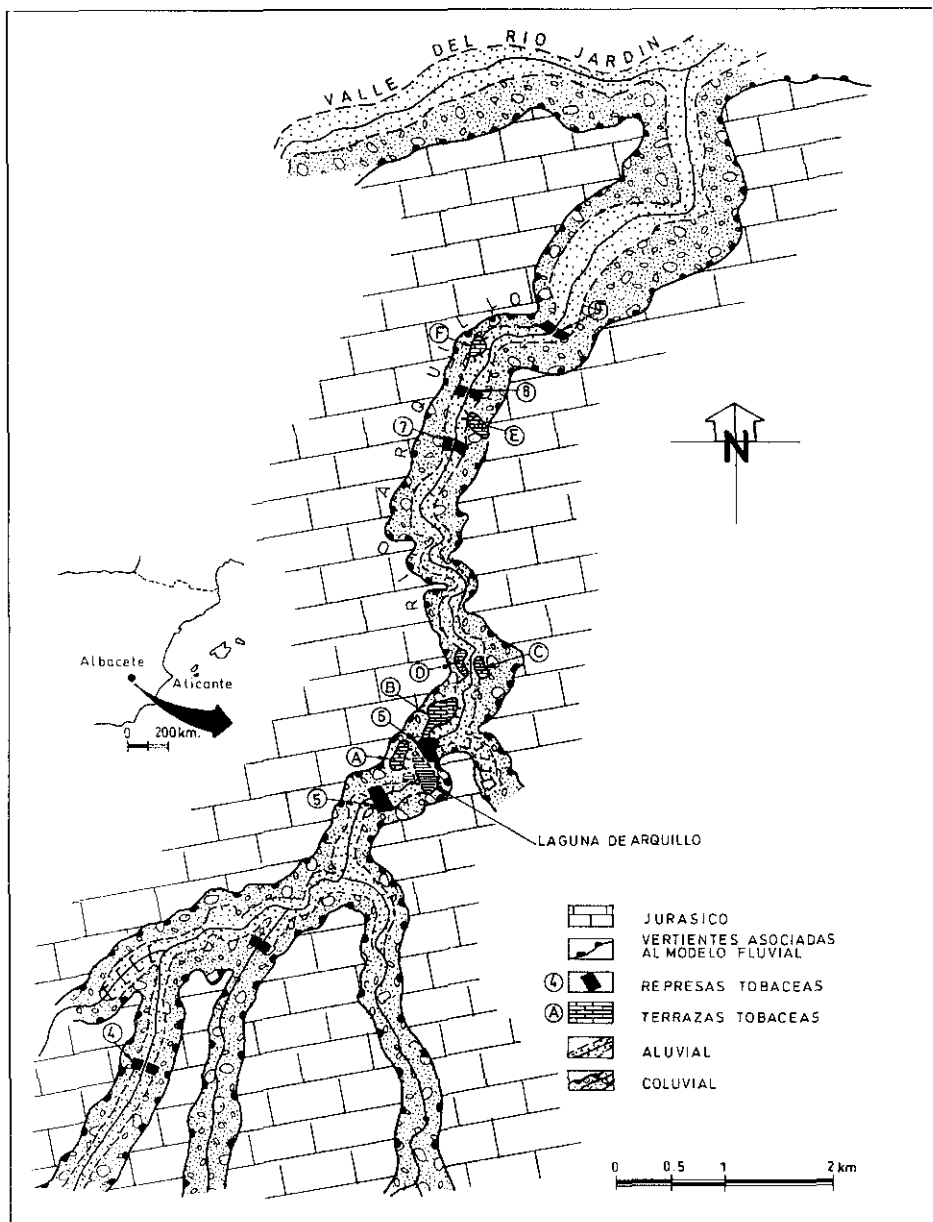


Fig. 1.—Esquema geomorfológico del Sistema Fluvial del Río Arquillo.  
 Fig. 1.—Geomorphological scheme of fluvial system of Arquillo river.

llo», de finales del siglo XVIII, en el que están representadas cinco lagunas próximas a dichos Ojos. Un reconocimiento sobre el terreno permite detectar la presencia de numerosas labores de ruptura de las barreras tobáceas, de «saneamiento» y desecación de las antiguas lagunas y, por último, de rectificación de los cauces. De dicho sistema fluviolacustre sólo se ha salvado la Laguna de Arquillo (fig. 1), represada por una importante barrera tobácea y ubicada en un paraje de singular belleza. En dicha laguna, han persistido los procesos de precipitación carbonática como lo demuestra la presencia de encostramientos estromatolíticos sobre restos de troncos de árboles, cañas e incluso botellas de plástico.

## 2.a. EL SECTOR DE CABECERA

En el tramo alto del Arquillo se han localizado tres barreras tobáceas de claro control tectónico, pues su emplazamiento está condicionado por los rasgos morfo-estructurales (relieve en graderío). La observación conjunta del perfil longitudinal del río y la base geológica ponen de manifiesto los siguientes hechos:

— Las rupturas de pendiente se ubican allí donde el cauce atraviesa una escama tectónica; en estas zonas se producen también los estrechamientos del valle.

— Los tramos de escasa pendiente, y también más amplios del valle, coinciden con los espacios litológicos que separan las escamas, aflorando con frecuencia margas verdes jurásicas y, en alguna ocasión, los materiales arcillosos del Trias Superior. Numerosos depósitos detríticos, aluviales y coluviales, cubren tanto el fondo del valle como sus laderas. Es frecuente que se presenten labores de rectificación y profundización antrópicas en los cauces, realizadas con el fin de facilitar el drenaje.

Las barreras generaron desniveles moderados de 3 a 5 m y sus estructuras tobáceas, en las que predominan las facies de tallos, presentan una escasa inclinación en el sentido de la corriente. Sirvieron para retener agua generando pequeñas lagunas donde se depositaron tobas detríticas y otros depósitos terrígenos como arenas, gravas... Estas barreras fueron perforadas destruyéndose las lagunas.

## 2.b. EL TRAMO INFERIOR DEL VALLE

Agua abajo de Peñascosa, el valle entra en materiales jurásicos cuya disposición horizontal no ha favorecido los procesos de precipitación físico-química y el fondo de valle, muy estrecho y encajado, presenta gran cantidad de terrígenos actuales y subactuales que pueden, posiblemente, fosilizar algún conjunto carbonático. Otro hecho importante a tener en cuenta, es que, en épocas de

sequía, como ocurre en el bienio 1994-95, el cauce se muestra en unas ocasiones con agua, mientras que, en otras, el agua sólo fluye subterráneamente.

Más abajo, en las proximidades de la confluencia del río Pesebre, la existencia de algunos manantiales kársticos, especialmente el denominado «Ojo del Arquillo», localizado en las inmediaciones de la laguna del mismo nombre, y otros, son los responsables de la aparición de nuevas represas tobáceas.

Los conjuntos de mayor interés de represas tobáceas se concentran cerca de la Laguna de Arquillo (ver figs. 1 y 2):

(5). Barrera de notable longitud (350-400 m) y anchura (35-50 m). Tiene una altura de 4-6 m y fue funcional hasta finales de los años 60, en que se cortaron sus estructuras tobáceas, mediante una excavación en las inmediaciones de su estribo izquierdo, lo que conllevó la desecación de una bella laguna de notable extensión (Laguna Desecada). A grandes rasgos, la barrera tobácea está formada por facies de musgos (2-3 m) y en menor proporción facies de tallos verticales, estando fosilizado el conjunto por tobas detríticas (calcarenitas tobáceas) con una potencia similar.

(6). La barrera tobácea que cierra actualmente la Laguna del Arquillo muestra unas dimensiones mucho menores, siendo difícil determinar la altura del conjunto. A techo, las estructuras tobáceas ofrecen lechos de escasa inclinación. Esta barrera sirve de represa para una laguna alimentada por una importante surgencia kárstica. Su profundidad es de unos 7-10 m, según los datos suministrados por los buceadores de la Guardia Civil y por miembros del mismo cuerpo pertenecientes al Servicio de Protección de la Naturaleza en Alcaraz. Además, su fondo y la barrera tobácea muestran numerosas oquerosidades y cuevas que nos sugieren la alta karstificación del conjunto. En épocas de sequía, aguas abajo de esta represa, el agua se infiltra en el subsuelo, observándose un fondo de valle bien desarrollado en el que afloran importantes masas tobáceas detríticas (calcarenitas tobáceas).

(7). El conjunto tobáceo sobre el que se apoya la carretera a Ituero y otras dos barreras mas (8) y (9) constituyen los últimos dispositivos de antigua retención de agua. Sus características morfológicas son muy similares a las de las barreras tobáceas anteriormente descritas. No obstante, presentan un grado de deterioro mayor, ya que sirvieron, hace mucho tiempo, como molinos y batanes, y sobre una de ellas (fig. 3) se ha instalado recientemente una piscifactoría que afecta a las escasas aguas del río Arquillo.

### 3. DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICAS DE ALGUNOS EDIFICIOS PLEISTOCENOS

Testigos de edificios no funcionales, colgados, atribuibles al Pleistoceno, sólo son hoy claramente visibles en el tramo bajo del valle y, concretamente, a partir de la Laguna de Arquillo.

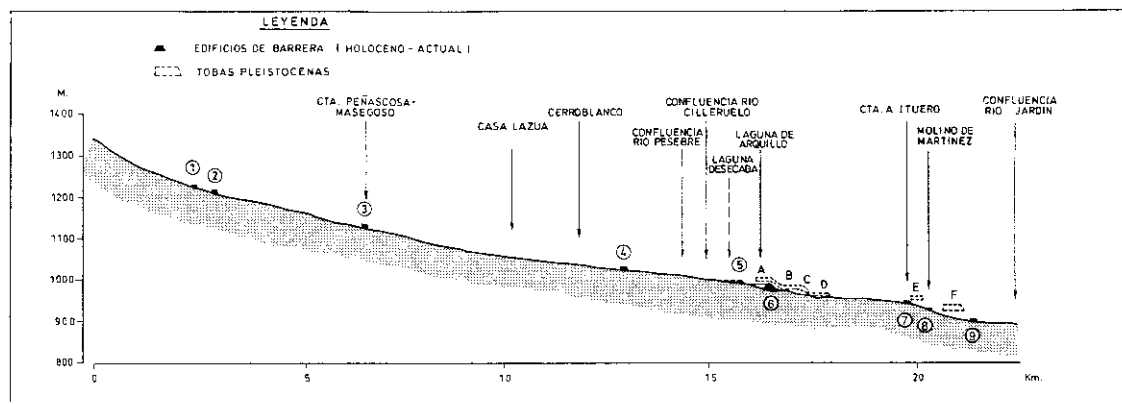


Fig. 2.—(Sección longitudinal del Valle).

Fig. 2.—Longitudinal Section of the Arquillo river valley.

Se trata de auténticas terrazas tobáceas cuyas cimas se sitúan en torno a los 20-25 m de altura sobre el cauce actual del Arquillo, incrementándose hasta los 30 m hacia aguas abajo. Su potencia oscila entre los 8 y los 20 m. En su muro presentan acumulaciones detríticas de cantos, gravas y arenas con una potencia de hasta 3 m. Los materiales del techo tienen aspecto estromatolítico, definiendo «capas» de moderada inclinación (5-8°). Sólo localmente se ha detectado la existencia de posibles cascadas, con saltos que varían entre 3 y 5 m. En general, las capas tobáceas, para salvar los antiguos desniveles, incrementan durante un cierto recorrido la inclinación de los lechos, alcanzando en algunos casos valores de hasta 18-23°.

Las características de estos edificios, su posición geomorfológica en el valle, a modo de terrazas, el grado de consolidación de sus estructuras, etc., parecen sugerir, a modo de hipótesis, que estas acumulaciones pleistocenas son correlacionables con las generaciones tobáceas (Ruidera, Alto Tajo, Cifuentes, etc.) desarrolladas con anterioridad a la etapa fría, asimilada a los «tiempos wurmienses» centroeuropeos, que actuó en toda la submeseta Sur y que, por tanto, podría integrarse en el estadio isotópico 5 (90.000-120.000) o ser algo más antigua.

Entre los conjuntos más notables vamos a señalar:

— (A). Terraza tobácea de +20 m sobre la Laguna de Arquillo. Se apoya sobre las dolomías del Lías Inferior y tiene una potencia de 12-15 m. Presenta, en el muro, una alternancia de niveles carbonáticos y detríticos; en el tramo medio aparece un conjunto de gravas y cantos, de 2,5-3 m de espesor; hacia el techo se aprecian 6 a 8 m de estructuras tobáceas similares a las descritas en el río Ruguilla (Ordóñez, González y García del Cura, 1987). Las estructuras adoptan posiciones casi horizontales para, progresivamente, irse inclinando aguas abajo, en una antigua represa y quedar a tan sólo +5-7 m sobre el cierre actual de la Laguna del Arquillo.

— (C). Nivel +20-22 m, margen derecha. Este conjunto se apoya, al igual que el (A) sobre las dolomías del Lías Inferior y su litoestratigrafía es muy semejante: 2-2,5 m de gravas y cantos en el muro y 6-8 m de tobas en su techo, con idénticas facies. Hay que hacer notar la existencia de una nítida cascada con facies de musgos. Los depósitos de esta cascada fosilizan otros depósitos correspondientes a cascadas anteriores de menor tamaño. En los niveles tobáceos hay restos de pinturas esquemáticas, típicas del Arte Rupestre Levantino.

— (E). Edificio «La Curva». En las trincheras de la carretera que enlaza la nacional de Albacete-Jaén con la localidad de Ituero se observa un edificio en el que pueden diferenciarse dos conjuntos:

— El *inferior*, cuyo techo se sitúa a +25 m sobre el río Arquillo, sus estructuras no son claramente visibles, parecen disponerse horizontalmente y asociarse a la generación fluvial que estamos considerando como correspondiente al Pleistoceno. Su potencia es de 5 m y tiene un predominio casi total de facies tobáceas biogénicas.

— El *superior*, denominación que damos a un conjunto que tiene apariencia de fosilizar al anterior y que presenta estructuras claramente inclinadas  $8^{\circ}$ - $10^{\circ}$  en el sentido de la pendiente de la ladera. Está compuesto por capas detríticas de arenas, calcarenitas y otras tobas detríticas, así como tobas de tallos y de musgos muy nítidamente diferenciadas entre ellas en una sucesión vertical. Su potencia total es del orden de 8-10 m y su techo se sitúa a +35 m sobre el cauce actual del río Arquillo. Las características de este conjunto nos hacen pensar en una génesis lateral, es decir, que podría haberse formado por la acción de un manantial, hoy no funcional, situado en la vertiente derecha del río Arquillo.

— (F). Edificio «El Batán» (margen izquierda) es el último testigo de esta generación de construcciones tobáceas antes de la confluencia del río Arquillo con el valle del río Jardín.

Su cota, en la cima de las estructuras tobáceas, permanece a unos 30 m sobre el cauce actual. La potencia de este conjunto está próxima a los 22-25 m y sus facies son muy homogéneas, predominando las de carácter estromatolítico, los niveles detríticos son muy minoritarios y están muchas veces ausentes en varios sectores de este edificio. En la parte más septentrional, las capas tobáceas, generalmente en disposición subhorizontal, se inclinan acentuadamente en dirección Norte  $50$ - $60^{\circ}$  y alcanzan valores de hasta  $22$ - $25^{\circ}$ . El techo de este conjunto aparece fosilizado por un coluvión.

#### 4. CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DE LOS EDIFICIOS HOLOCENO-ACTUAL

Los carbonatos que constituyen los depósitos tobáceos del sistema fluvial del Arquillo son, mineralógicamente, calcita de bajo contenido en magnesio (LMC). Hemos encontrado aragonito como fase cementante en las calizas to-

---

Fig. 3.—Aspecto general de la barrera tobácea de la Carretera a Ituero (7).

Fig. 3.—General view of the tufa barrage of Ituero road (7).

Fig. 4.—Facies de tallos verticales de dicha barrera (7).

Fig. 4.—Facies of vertical stems of tufa barrage of Ituero road (7).

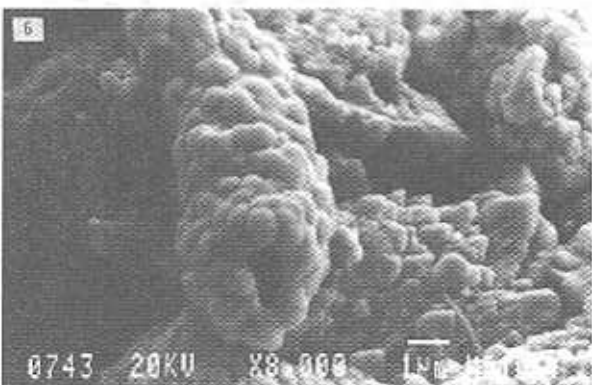
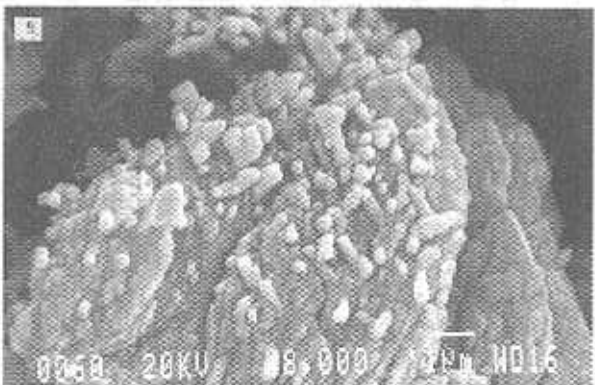
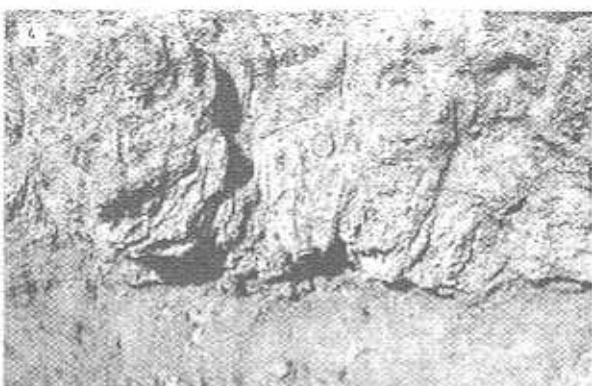
Fig. 5.—Microfotografía (MEB) de morfologías bacterianas en niveles estromatolíticos mesocristalinos de dicha barrera (7)

Fig. 5.—Photomicrograph (SEM) of bacterial morfologies in stromatolitic layers of Ituero road tufa barrage (7).

Fig. 6.—Microfotografía (MEB) de carbonatos con morfologías inducidas por bacterias generadas en torno a filamentos de cianofíceas en facies de tallos verticales de la barrera de la Laguna Desecada (5).

Fig. 6.—Photomicrograph (SEM) of carbonates shapes induced by bacteria countouring blue-green algae filaments in stromatolitic layers of the tufa barrage of the Desecada pool (5).





báceas de las represas mayores. La presencia de componentes terrígenos (cuarzo) es prácticamente inexistente.

Como vimos en el apartado 2, las facies predominantes en los edificios holocenos-actual son las *tobas de tallos verticales*, similares a las descritas por Ordóñez y García del Cura (1983), (fig. 4) que constituyen el fitohermio (en el sentido de phytoherm framestone, de Pedley, 1990). *Tobas de tallos cruzados* (terminología descrita por Ordóñez y García del Cura, 1983) y *tobas de musgos* las encontramos en edificios mayores asociadas a cascadas, siendo escasas en el Sistema Fluvial del Arquillo.

Facies constructivas asociadas a la destrucción natural de depósitos travertínicos, en particular, depósitos travertínicos en cortina como los descritos en Ruidera por Ordóñez, González y García del Cura (1986) están muy poco desarrollados en esta zona.

No se han observado edificios estromatolíticos similares a los holocenos-actuales que aparecen en Ruidera (Ordóñez, González y García del Cura, 1995).

Episodios carbonáticos de tipo estromatolítico aparecen principalmente como intercalaciones dentro de las barreras así como en los depósitos de tipo terraza, originándose en ocasiones facies similares a las encontradas en las construcciones tobáceas del río Ruguilla descritas por Ordóñez, González y García del Cura, 1987.

En estas intercalaciones estromatolíticas del Río Arquillo es frecuente el desarrollo de mesocristales y macrocristales en los que son muy abundantes los indicios de influencia bacteriana, esto se refleja en morfologías como la que aparece en la fig. 5 y otras similares a las descritas por Buczynski y Chafetz (1993) y Guo y Riding (1992) como hábitos de precipitados de carbonato cálcico inducido por bacterias. La cuantificación de esta influencia bacteriana tiene gran complejidad y precisa de estudios específicos en los que los microbiólogos tienen mucho que decir (Folk, 1993).

La influencia de las cianofíceas en la génesis de estos carbonatos tobáceos es notable, tal como se deduce del estudio de las facies de tallos verticales, tanto en sección delgada como con el Microscopio Electrónico de Barrido. Con el MEB se observa la presencia de cristales micríticos generados en lo que en su día fue la cubierta mucilaginoso (mucopolisacáridos) de las cianofíceas, algunos de los cuales presentan hábitos también relacionables con bacterias (fig. 6). En las zonas superiores de las represas se observan restos de hongos que, en ocasiones, han inducido variaciones texturales en los carbonatos.

En sección delgada, con el microscopio petrográfico, se observa un claro predominio de microestructuras de tipo estromatolítico con capas concéntricas de las que son mayoría las capas minimicríticas.

Las tobas detríticas (*intraclast tufa*, según la denominación de Pedley, 1990) constituyen depósitos clásticos, principalmente calcareníticos origina-

dos por la erosión de los edificios tobáceos originales. Ocupan las zonas anterior y posterior de las barreras travertínicas y constituyen el relleno de los antiguos lagos, así como algunos sedimentos del fondo del cauce fluvial.

## 5. CONCLUSIONES

En el sistema fluvial del Río Arquillo (Arquillo-Pesebre) se han generado construcciones tobáceas hasta la segunda mitad del siglo xx, en que la acción antrópica ha interrumpido una evolución que se inició en etapas pleistocenas, cuya datación isotópica estamos determinando. Según los datos geomorfológicos obtenidos en el campo y en comparación con otras acumulaciones tobáceas de la Submeseta Sur, se puede sugerir, a modo de hipótesis, una cronología prewurmiense, posiblemente vinculada al Estadio Isotópico 5, con edades comprendidas entre 90.000 y 120.000 años, para dichos depósitos. Su génesis hay que relacionarla con una fase de karstificación, más o menos importante, que tuvo lugar sobre los relieves calcáreos de la zona y con un activo control ejercido por la edafofitoestabilización en las laderas del valle.

El sistema holoceno de represas tobáceas del río Arquillo, que es el objeto preferente de este trabajo, es un sistema fluvial de represas tobáceas similar a las lagunas de Ruidera pero en una etapa anterior de su evolución, según se deduce del estudio de sus depósitos carbonáticos y su comparación con el de Ruidera (Ordóñez, González y García del Cura, 1986, González, Ordóñez y García del Cura, 1987 y Ordóñez, González y García del Cura, 1997). Las características del perfil longitudinal del río y las peculiaridades de las surgencias han debido contribuir a un desarrollo más lento del sistema tobáceo holoceno, que ha alcanzado un menor grado de evolución que el sistema de las Lagunas de Ruidera.

El carácter minimicrítico de las tobas de tallos verticales, así como la presencia de morfologías de carbonatos relacionables con bacterias en los episodios estromatolíticos nos hace pensar, por comparación con las facies de otros sistemas similares, como Ruidera, que en el sistema tobáceo del río Arquillo los procesos biológicos, relacionados con biofilms (Pedley, 1992) han sido cuantitativamente más importantes que los físico-químicos en comparación con el sistema de Ruidera. Tal vez ésto sea debido a los menores gradientes de pendiente y la consiguiente menor altura de las represas, que hacen que la desgasificación físico-química sea menor.

## AGRADECIMIENTOS

Al doctor J. P. Calvo, haber sido un meticuloso referee de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVARO, M. GARCÍA ARGÜESO, J. M. y ELIZAGA, E. (1975): «La estructura del Borde Prebético en la zona de Alcaraz (Provincia de Albacete, España)», *Bol. Geol. Min. de España*, 86, 467-477.
- BUCZYNSKI, C. y CHAFETZ, H. S. (1993): «Habit of bacterially induced precipitates of calcium carbonate: samples from laboratory experiments and recent sediments», en *Carbonate Microfabrics*, Rezak, R. y Lavoie Eds. Springer-Verlag, New York, 105-116.
- CIJANO, S., MONTES, C. y GARCÍA, L. (1988): «Los humedales de la provincia de Albacete. Una panorámica general», *Al-Basit*, 24, 77-95.
- FOLK, R. L. (1993): «SEM imaging of bacteria and nannobacteria in carbonate sediments and rocks», *Jour. Sedim. Petrol.*, 63, 5, 990-999.
- GONZÁLEZ, J. A., ORDÓÑEZ, S. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1987): «Evolución geomorfológica de las Lagunas de Ruidera (Albacete-Ciudad Real)», *Estudios geol.*, 43, 227-239.
- GUO, L. y RIDING, R. (1992): «Microbial micritic carbonates in uppermost Permian reefs, Sichuan Basin, southern China: some similarities with Recent travertines», *Sedimentology*, 39, 37-53.
- LINARES, L. y RODRÍGUEZ ESTRELLA, T. (1973): «Observaciones sobre la Geología del sector Alcaraz-Robledo (Zona Prebética, provincia de Albacete)», *Bol. Geol. Min.*, 94, 419-425.
- ORDÓÑEZ, S. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1983): «Recent and Tertiary fluvial carbonates in central Spain», en *Ancient and Modern Fluvial Systems* (Collinson, J. D. y Lewin, J. eds.), Sp. Pub., IAS, 6, 485-497.
- GONZÁLEZ, J. A. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1986): «Sedimentación actual y paraactual en las Lagunas de Ruidera», *Rev. Mat. Proc. Geol.*, 4: 229-255.
- (1987): «Formaciones travertínicas y tobáceas en el valle del Tajo (Sector Cifuentes-Trillo): estudio geomorfológico, petrológico y sedimentológico», *Cuaternalario y Geomorfiología*, 1, 231-246.
- (1997): «Tipología y génesis de depósitos tobáceos fluvio-lacustres: el sistema travertínico de las Lagunas de Ruidera (Ciudad Real-Albacete)», *Cuadernos de Geología Ibérica*, 22 (este vol.).
- PEDLEY, M. (1990): «Classification and environmental models of cool freshwater tu-fas», *Sedimentary Geology*, 68, 143-145.
- (1992): «Freshwater (phytoherm) reefs: the role of biofilms and their bearing on marine reef cementation», *Sedimentary Geology*, 79, 197-206.
- SÁNCHEZ ORTEGA, D. (1993): *Los Llanos de Albacete*. Tesis Doctoral. Dep. de Geografía. U.N.E.D., 891 pp.

*Manuscrito recibido: 29 de junio 1995*

*Manuscrito aceptado: 11 enero 1996*