

# *Tipología y génesis de depósitos tobáceos fluvio-lacustres: el sistema tobáceo de Las Lagunas de Ruidera (Ciudad Real-Albacete)*

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

<sup>1</sup> Laboratorio de Petrología Aplicada, Dep. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, Ap. 99. 03080 Alicante.

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

<sup>3</sup> Instituto de Geología Económica, CSIC, Facultad de Geología, Universidad Complutense, 03540 Madrid.

## RESUMEN

En este trabajo se presenta un modelo conceptual de génesis y repartición de las facies de carbonatos tobáceos en las Lagunas de Ruidera. Se estudian las características de los carbonatos en los diferentes subambientes: barreras, terrazas tobáceas, depósitos tobáceos detríticos, estromatolitos... Este modelo está basado fundamentalmente en observaciones de campo: estudio de las morfologías de los depósitos y análisis de facies.

**Palabras clave:** Sistema fluvio-lacustre, calizas tobáceas, tobas de barrera, terrazas tobáceas, estromatolitos, Lagunas de Ruidera, Albacete, Ciudad Real.

## ABSTRACT

The main aim of this paper is to describe a conceptual model of distribution, size, shape and genesis of tufa barrages and related tuffaceous terraces of rim pools, detrital tuffaceous sediments, stromatolites,... in Ruidera pools. Field observations and petrographic data are the basis of this conceptual model.

**Key Words:** Fluvio-lacustrine system, freshwater tufa, barrage tufas, tufa terraces, stromatolites, Ruidera pools, Albacete, Ciudad Real.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las Lagunas de Ruidera son un interesante medio de sedimentación de carbonatos en la actualidad y en épocas recientes (paraactuales). Los depósitos a ellas asociados son un ejemplo de sedimentos carbonáticos continentales (Cuaternario-Holoceno) de gran interés científico y paisajístico por lo que pueden considerarse un punto de interés geológico.

Las Lagunas de Ruidera se sitúan en la cuenca hidrográfica del Río Guadiana, en el Río Guadiana Alto, prolongación del Río Pinilla. Su relación con el Río Guadiana Nuevo, que episódicamente nace en los Ojos del Guadiana y con el Río Záncara, son hidrogeológicamente complejas (Torrens *et al.*, 1976).

El valle principal, que constituye el parque de las Lagunas de Ruidera, está alineado en dirección NO-SE, y su fondo está ocupado por *quince* lagunas conectadas entre sí por arroyos, cascadas e incluso circulación subterránea. Las lagunas aparecen escalonadas a lo largo de unos 35 km (Fig. 1). Siendo el desnivel entre la primera y la última de 120 metros aproximadamente. Desde la primera, aguas arriba, hasta la última, aguas abajo, sus nombres son: Blanca, Concejo, Tomilla, Tinaja, San Pedra, Redondilla, Lengua, Salvadora, Morcilla o Sto. Amorcillo, La Batana, La Colgada, Del Rey, Cueva Morenilla (Molinilla), Coladilla y Cenagal o Cenagosa. En un mapa de 1916 de Ordenación de Zonas de Regadío de la División Hidráulica del Guadiana aparece, por encima de la Laguna Blanca otra laguna denominada Lagunazo, y en el valle contiguo la Laguna de Navalcaballo. Las lagunas se agrupan en dos conjuntos de características diferentes: lagunas «altas» y lagunas «bajas». Las lagunas «altas», son las situadas aguas arriba del pueblo de Ruidera, su estudio constituye el objetivo de este trabajo; estas lagunas son profundas y están circundadas por escarpados taludes rocosos; en la 1995 se encuentran con niveles de agua muy bajos o secas, salvo el conjunto próximo a la Laguna del Rey. Cada una de ellas se cierra mediante un edificio de barrera tobácea que actúa como una presa natural embalsando el agua. Las lagunas bajas tienen marcadas características de zona pantanosa. La separación entre las lagunas bajas y altas se sitúa en el edificio tobáceo de la Laguna del Rey, situado en las proximidades de Ruidera, donde se ubica una cascada sobre los restos de una represa tobácea parcialmente erosionada.

Las lagunas son todas ellas de pequeño tamaño, con longitudes inferiores al medio kilómetro y están separadas entre sí por barreras tobáceas.

Las Lagunas de Ruidera, constituyen uno de los ejemplos de sedimentación de carbonatos actuales-subactuales más importantes de Europa, e incluso de las dimensiones e importancia de las del Parque Nacional de Plitvice, en Croacia, (Stoffers, 1975, Emeis, Richnow y Kempe, 1987). También se han descrito depósitos tobáceos fluviolacustres en Italia (Violante *et al.*, 1994 a y b), Inglaterra (Pedley *et al.*, 1996) y Francia (Vadour, 1988, Lécalle, 1990...).

En este trabajo se presenta un modelo conceptual de repartición de las fa-

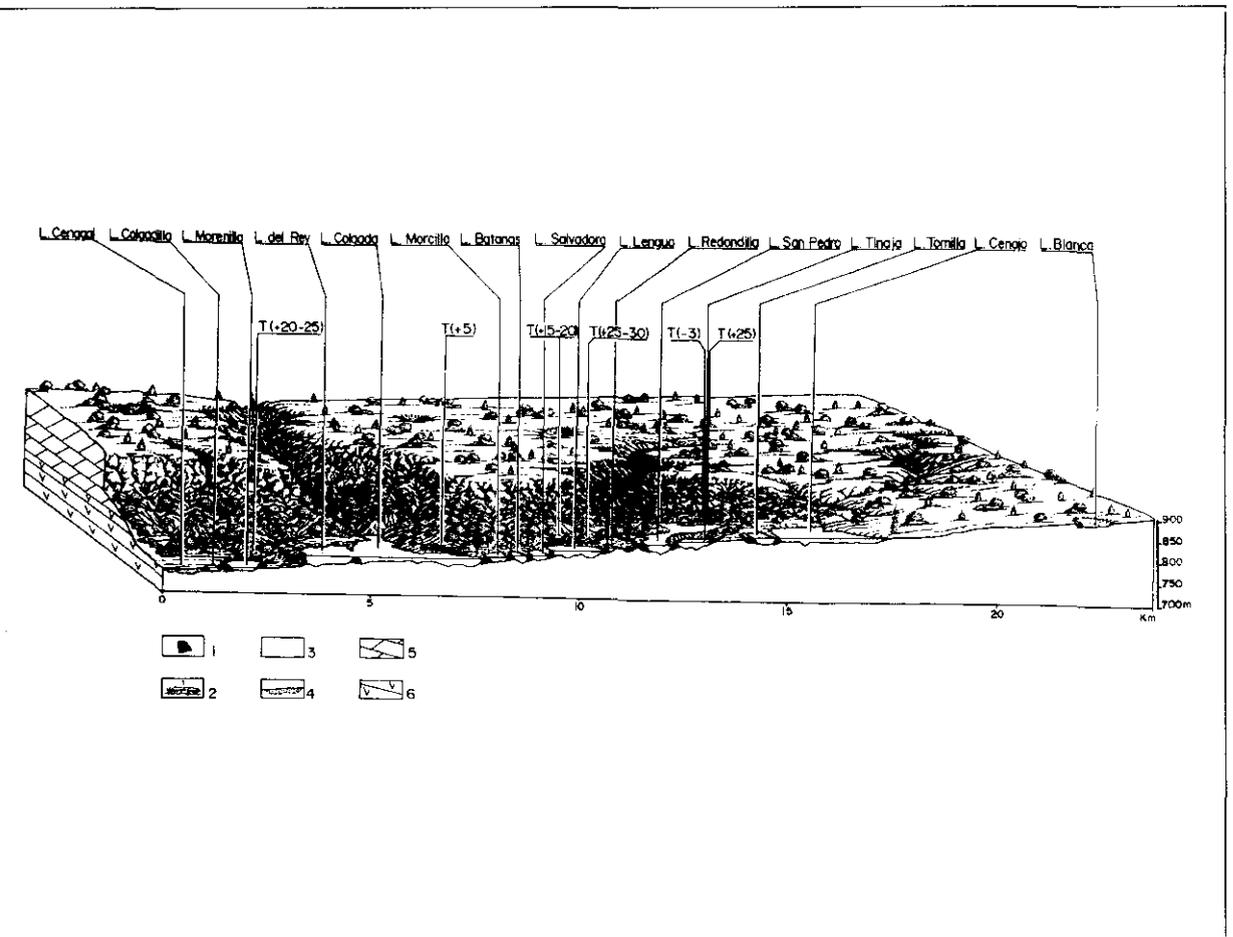


Fig. 1.—Esquema geomorfológico de las Lagunas de Ruidera. 1: terraza tobácea. 2: represa. 3: nivel máximo de agua. 4: depósitos calcarentíficos. 5: dolomías. 6: yesos.  
 Fig. 1.—Geomorphological scheme of Ruidera pools: 1: tufa dam. 2: rim pool dam. 3: the higher water level in the pools. 4: detritic tufa deposits. 5: dolostones. 6: gypsum.

cies de carbonatos tobáceos, en los diferentes subambientes: barreras, terrazas tobáceas, sedimentos lacustres calcilutíticos,... Por otra parte se realizan medidas de los edificios, coronación, anchura, y altura. Modelizando las represas tobáceas, por comparación con una «presa de gravedad». Además, se pretende solucionar la génesis de las terrazas tobáceas, conectadas con las represas. Estos modelos están basados, fundamentalmente, en observaciones de campo, donde se cartografía la repartición de estos carbonatos en los diferentes subambientes.

Una revisión de los antecedentes sobre la génesis de las Lagunas de Ruidera puede verse en Ordóñez, González Martín y García del Cura (1986) y Montero González (1994), ofreciéndose un resumen en la tabla 1.

## 2. GEOLOGÍA DE LA ZONA

Torrens *et al.* (1976) suponen que el valle del Alto Guadiana es un anticlinal, en cuya charnela aflora el Keuper, por ser más intenso el diaclasado en el eje del pliegue, fue más afectado por la erosión, por lo que el valle actual discurre por el eje del anticlinal. Esto produce un área de alta permeabilidad. De confirmarse la hipótesis, se explicaría la alta permeabilidad y transmisividad del acuífero en la cabecera de las lagunas.

Se han atribuido al Terciario pequeños afloramientos conglomeráticos calcáreos, situados en las proximidades de Campo de Montiel, así como los situados en las proximidades de Ossa de Montiel, donde se encuentran calizas travertínicas y calcarenitas posiblemente tobáceas con Charáccas. La sedimentación cuaternaria en la zona presenta un amplia variedad, tal y como ha sido descrita por González Martín, Ordóñez y García del Cura (1986), distinguiendo básicamente:

a) *Sedimentos Holoceno-Actual (>13 ka)*. Edificios y construcciones travertínicas: represas, terrazas, y depósitos calcareníticos a calcilutíticos de las lagunas. La edad de las terrazas y diques o represas travertínicos, ha sido determinada por Hentzsch *et al.*, (1987) y Martínez Goytre *et al.*, (1988), por el método U/Th obteniendo edades inferiores a los 10.000 años (Holoceno).

b) *Sedimentos Wurm (13-100 ka)*. Acumulaciones detríticas de fondo de valle, coluviales.

c) *Sedimentos anteriores al Wurm (>100 ma)*. Edificios y construcciones travertínicas, antiguos, actualmente en fase de datación por los autores.

## 3. TIPOS DE DEPÓSITOS TOBÁCEOS

### a. REPRESAS TOBÁCEAS

Las represas tobáceas son los depósitos más importantes y espectaculares que aparecen a lo largo del valle. Constituidas por carbonatos tobáceos con diferentes facies, constituyen un auténtico fitohermio, según la definición de

- a) HERNÁNDEZ-PACHECO (1928 y 1949), PLANCHUELO (1944 y 1954).
- \* Alimentación subterránea de agua.
  - \* Hundimientos según «direcciones hercínicas» de los niveles calizos por disolución de los yesos infrayacentes.
- b) JESSEN (1946).
- \* Desarrollo de travertinos (?), durante una etapa climática fría y húmeda.
  - \* Disolución de los travertinos durante una etapa climática árida y cálida.
- c) SOLÉ SABARÍS (1952).
- \* Alimentación a través de un sistema kárstico (Carniolas).
  - \* Surgencias como fuentes vaclusianas (contacto facies Keuper).
- d) DUPUY DE LÔME (1954).
- \* Erosión de carniolas producida por corrientes de aguas superficiales a favor de pequeñas fallas.
- e) SOLÉ SABARÍS (1978).
- \* Lagos kársticos.
  - \* Cubetas excavadas por disolución cárstica de las calizas y dolomías.
- g) ORDÓÑEZ, GONZÁLEZ MARTÍN y GARCÍA DEL CURA (1985-1986).
- \* Infiltración de aguas en las carniolas.
  - \* Surgencia de las aguas a lo largo del valle del río Guadiana.
  - \* Régimen de fitoestabilización de vertientes.
  - \* Génesis (polifásica) de represas tobáceas en puntos singulares del cauce por desgasificación de aguas carbonatadas.
  - \* Desarrollo de terrazas tobáceas.
- h) HENTZCH *et al.*, (1987) y MARTÍNEZ GOYTRE *et al.* (1988).
- \* Descenso de nivel o hundimientos para explicar el carácter polifásico de los edificios tobáceos.

Tabla 1.—Teorías acerca de la génesis de las Lagunas de Ruidera.

Table 1.—Hypothesis about the origin of the Ruidera pools.

Pedley (1992). Estas represas, a pesar de su estado de degradación, son las que definen la forma y tamaño de las lagunas, que vienen así a ser auténticos «embalses naturales», en relación con las represas.

Una represa tobácea, no degradada, se caracteriza básicamente por una morfología, que recuerda la de una «presa de gravedad». En este sentido, se ha definido una dimensión que hemos denominado «coronación», que sería la dimensión de la represa, en su parte más alta, en la dirección normal al valle.

La «*altura de la represa*», difícil de apreciar, vendría dada por la máxima dimensión vertical de la represa en relación al talweg del río. La *anchura de la represa* es la dimensión máxima de la misma, tomada en el sentido del valle. La sección longitudinal, tanto aguas arriba (abrupta), como aguas abajo (más suave) es semejante a la de las presas de gravedad.

En la tabla 2 se dan las características dimensionales expresadas en metros de las represas travertínicas, correspondientes a cada una de las lagunas.

Lagunas	Coronación	Altura	Planta	Terraza
BLANCA	120	2	40*	no
CONCEJA	170	4	50*	no
TOMILLA	160	12	45*	no
TINAJA	190	12	45*	100 máx.
SAN PEDRA	192	6	260	90 máx.
REDONDILLA	189	10	49*	no
LENGUA	108	12	170	70
SALVADORA	192	6	70*	no
BATANA	240	19	49*	no
MORCILLA	170	12	72*	no
COLGADA	250*	6*	66*	no
REY	320	15	360	no

Tabla 2.—Dimensiones de las represas y terrazas tobáceas en metros.

\* Los datos señalados están tomados sobre represas travertínicas degradadas, por lo que las dimensiones son del elemento que actualmente se observa.

Table 2.—Size of the tuffa dams and terraces (in metres).

\* Data were taken from degraded tuffa dams

En la Figura 2 se han representado esquemáticamente las secciones de los dos represas travertínicas mejor conservadas, la de la Laguna de la Lengua, y la de la Laguna del Rey.

Una cuestión importante es que el ángulo de talud aguas abajo, tiene unos valores muy pequeños, de modo que la relación altura/longitud presenta valores de 0,05. Otro aspecto importante es que la coronación, que ocupa generalmente el valle en sentido transversal, tiene unos valores sensiblemente iguales en todas las lagunas.

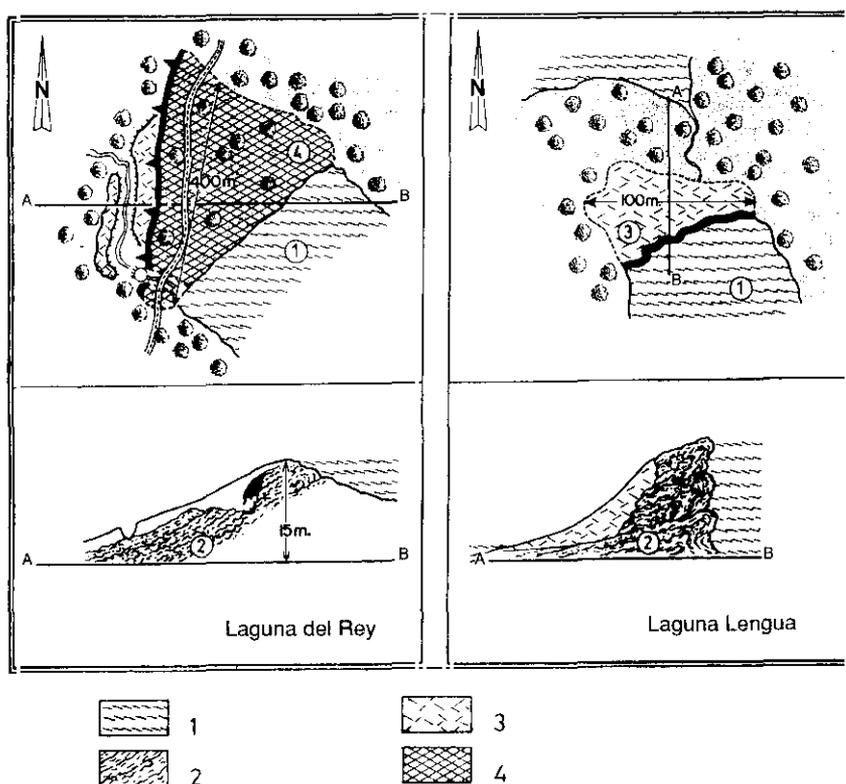


Fig. 2.—Planta y sección de dos represas travertínicas: la de la Laguna del Rey y la de la Laguna de la Lengua. 1: agua. 2: bioconstrucción tobácea. 3: zona erosionada de la represa tobácea. 4: modificación antrópica de la superficie original de la represa.

Fig. 2.—Plan view and section of two tufa dam: Rey Pool and Lengua Pool. 1: water. 2: tufa buildups. 3: tufa pool trenching. 4: morphological changes induced by anthropogenic activity.

#### b. CONSTRUCCIONES RELACIONADAS CON LA DEGRADACIÓN DE LAS REPRESAS

Tal y como se ha indicado anteriormente, las represas tobáceas son situaciones efímeras, que tienden a degradarse de forma natural.

En todos los casos, y en relación con la degradación de las represas, observar en la Figura 4, las aguas que antes circulaban aguas abajo de la represa, después de la erosión de la base, o de la incisión, caen en cascada, dando lugar a las denominadas facies de «cortinas y flecos», que se asocian a las represas destruidas; curiosamente constituyen el elemento más conocido y espectacular de las represas. Depósitos de cascada espectaculares pueden obser-

varse en la barrera de la Laguna del Rey. En general, se trata de formas muy frágiles que pueden destruirse con facilidad.

La velocidad de crecimiento de estas facies de cortinas es espectacular y, en general, están formadas por las denominadas *facies de musgos*, ya que son estas plantas las que colonizan las paredes verticales y húmedas de la represa. La precipitación de carbonatos reproduce hasta en su menor detalle las morfologías de los elementos de estas plantas.

#### C. LAS TERRAZAS TOBÁCEAS

En las Lagunas Altas: Lengua, Tomilla y San Pedra, existe un desarrollo importante de terrazas tobáceas cuyas dimensiones pueden verse en la tabla 2. Estas terrazas dan lugar a una estructura en acantilados cuando, como ocurre en la actualidad, las lagunas han sido desecadas. El perfil vertical de estas terrazas presenta una morfología en repisas, que es sumamente característica. Estas repisas marcan líneas de nivel del agua o, si se prefiere, momentos de estabilización del nivel de las aguas. Estas repisas se pueden seguir en toda el margen de las lagunas e incluso en la propia represa tobácea, por supuesto aguas arriba.

La estructura de detalle en planta muestra a modo de festones semicirculares de diámetro 1 a 2 m, creciendo hacia la Laguna, con bandas de 1 a 3 cm. Por lo tanto, se trata de un crecimiento centrípeto que llega incluso en la laguna de la Lengua a «cerrar» la Laguna. La dimensión máxima puede llegar hasta unos 100 m de anchura. Otro aspecto importante es que parecen crecer desde la represa hacia aguas arriba, y así se puede observar en el esquema geomorfológico (Fig. 1).

En las etapas iniciales del desarrollo de la terraza tobácea se han identificado formas pinaculares correspondientes a estromatolitos de dimensiones métricas, que representan la etapa inicial de la colonización de las márgenes de la zona encharcada.

#### D. LOS DEPÓSITOS DETRÍTICOS TOBÁCEOS DE LAS LAGUNAS Y SU ENTORNO

Estudios recientes mediante sondeos y perfiles eléctricos permiten señalar que todo el fondo de valle del Guadiana Alto está ocupado por depósitos calcilutíficos (Montero González, 1994). Estos depósitos han sido recientemente reconocidos pudiendo describirse como sedimentos de naturaleza lutítica calcárea y colores claros con algunas intercalaciones de niveles decimétricos ricos en materia orgánica, presentando una cierta gradación de tamaño desde el borde hasta el centro. El espesor puede llegar a ser del orden de 20 m en algunos lugares. Los estudios de M. E. B. permiten observar que estos sedimentos tienen muchos caracteres de precipitados generados en el seno de las lagunas.

#### 4. GÉNESIS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DEPÓSITOS TOBÁCEOS

##### a. REPRESAS TOBÁCEAS

La génesis de las represas tobáceas se puede explicar por la desgasificación y consiguiente precipitación de carbonatos a partir de aguas sobresaturadas en carbonato cálcico. Esta sobresaturación se ve influenciada por el exceso de iones calcio en solución, procedentes del lixiviado de materiales yesíferos del Triás, así como por la menor temperatura de las aguas subterráneas, en relación con las aguas de las Lagunas. Desde el punto de surgencia, la distancia máxima de equilibrado con la  $p\text{CO}_2$  atmosférica es de 3 o 4 km.

La presencia de irregularidades, típica de sistemas fluviales de baja capacidad erosiva en el cauce, introduce modificaciones en el régimen de flujo de un río, que a grandes tramos es prácticamente laminar, mientras que en los tramos situados en la parte inmediatamente situada tras la rotura de pendiente puede llegar a ser turbulento, siendo la desgasificación más intensa. Recuérdese al respecto la relación de las represas tobáceas con los cambios de pendiente del perfil longitudinal del río.

Por otra parte, los medios de rompiente de poca profundidad (dm), buena oxigenación y luminosidad, son un hábitat muy favorable, tanto para musgos como para cianofíceas, los cuales pueden colonizar dicho fondo e iniciar el embrión de una barrera travertínica, aguas abajo la desgasificación tiene un mayor carácter físico-químico, mientras que aguas arriba es eminentemente biológica, como demuestran las texturas de carbonatos generados en ambos puntos. La velocidad de crecimiento, como puede verse en Ordóñez y González Martín (1979), y en Weijermars, Mulder-Blanken y Wieggers (1986), puede llegar a ser de algunos cm por año. Aunque el crecimiento en la cascada no se distribuye homogéneamente, sino que es máximo en la zona de coronación, disminuyendo aguas abajo (Fig. 3).

El crecimiento aguas arriba de la zona de coronación se abordará en el apartado de terrazas travertínicas. La continuación del proceso de desgasificación biológica puede dar lugar a superficies de crecimiento hacia el agua en forma de visera. La represa puede seguir creciendo hasta alcanzar 10-15 m de altura. En algunas antiguas represas se han medido alturas de hasta 25 m.

##### b. CONSTRUCCIONES RELACIONADAS CON LA DEGRADACIÓN DE LAS REPRESAS

Los procesos de destrucción de las represas pueden ser agrupados en procesos mecánicos, y procesos físico-químicos.

Los *procesos mecánicos* están relacionados fundamentalmente con la *inundación* (Fig. 4) de la base de la represa, y destrucción de la misma por efecto de ariete y ciclos humedad sequedad-humedad, así como por actuación de or-

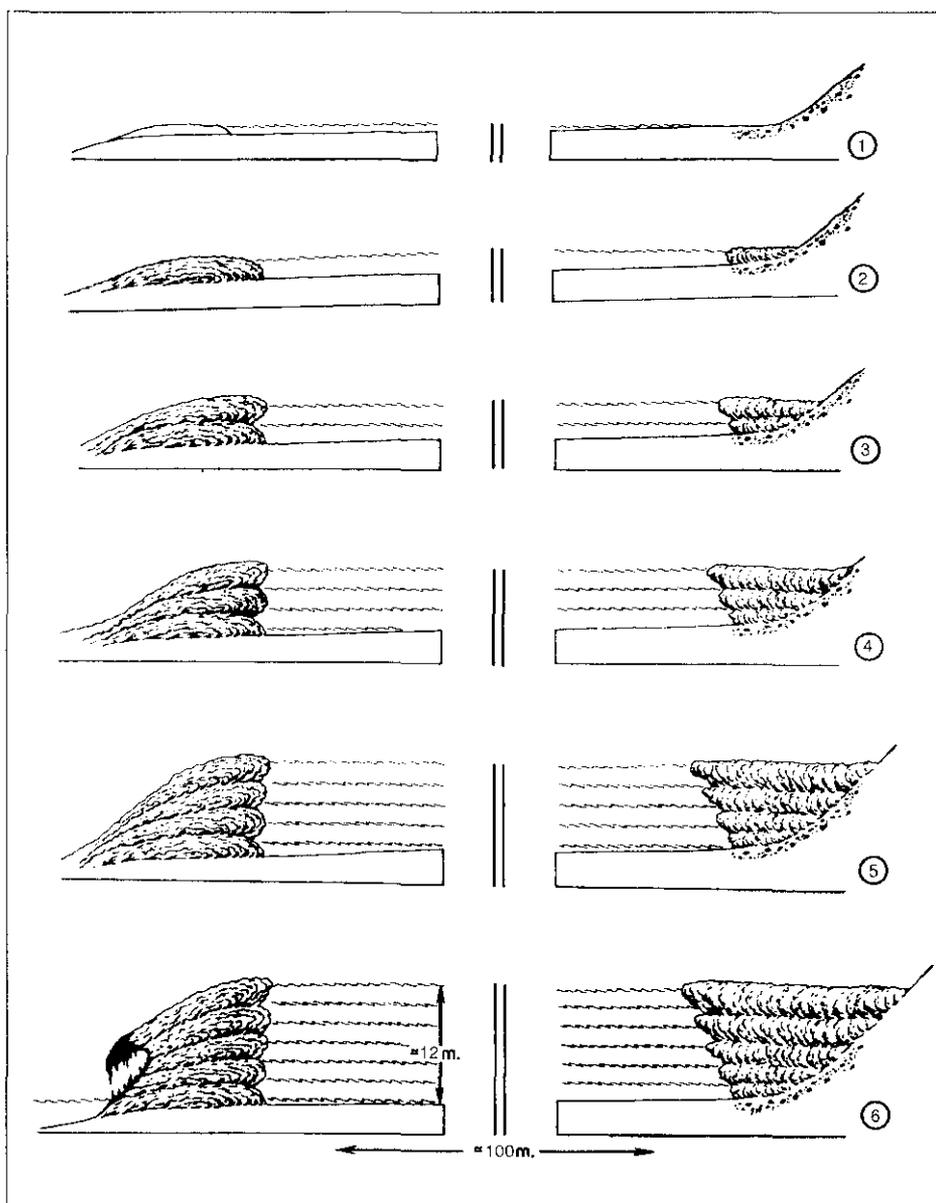


Fig. 3.—Esquema evolutivo idealizado del crecimiento de las represas tobáceas (izquierda) y del desarrollo de las terrazas tobáceas (derecha). 1: etapa inicial. 2, 3, 4, 5: sucesivos estadios evolutivos de crecimiento. 6: etapa de destrucción con formación de «Facies de Cortinas».

Fig. 3.—Evolutive scheme of tufa dam (left) and rim pool growth (right). 1: inicial stage; 2; 3,4, 5 following stages of growth. 3: destructive stage and cascade tufa (curtains) development.

ganismos. Este proceso genera un pequeño cantil, que no es sino una represa degradada y ha sido un hecho común en la evolución de la Lagunas de Ruidera, de modo que parece que edificios funcionales son ahogados por el crecimiento mas rápido de otros situados aguas abajo.

Otro proceso mecánico está relacionado con el descenso de nivel de las lagunas situadas aguas abajo, produciéndose la *incisión mecánica* (Fig. 4) de la represa tobácea por erosión remontante, como se puede observar en el frente de la Laguna del Rey.

Por supuesto, un elemento de destrucción de la represa es la acción humana, perforando las represas, desviando o canalizando las aguas, o en algunos casos como en Ruidera, simplemente construyendo urbanizaciones sobre las represas.

### C. LAS TERRAZAS TOBÁCEAS

La modelización del proceso generador de las terrazas tobáceas resulta difícil y en ella hay que considerar los siguientes hechos:

a) Las repisas representan superficies de estabilización del agua en las lagunas.

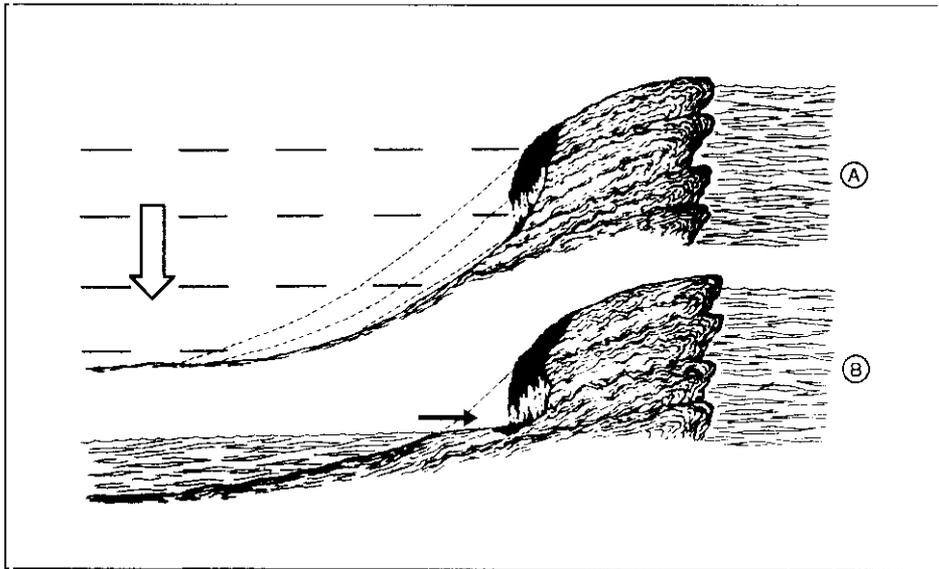


Fig. 4.—Mecanismos probables de destrucción de una represa travertínica: a) por descenso de la lámina de agua de la laguna situada aguas abajo; b) por ascenso del nivel de agua de la represa situada aguas abajo.

Fig. 4.—Probably mechanisms to explain the destruction of tufa dam: a) falling water level; b) rising water level of the pools located down stream tufa dam.

b) El aspecto que presentan se debe a un crecimiento diferencial de la toba en la vertical, debido a la diferencia en la intensidad lumínica en la vertical del agua, y por lo tanto a la precipitación diferencial de los carbonatos.

c) Es necesaria una gran fitoestabilización de las laderas, para que se puedan desarrollar estas terrazas, ya que la llegada de detríticos impediría el proceso de precipitación de carbonatos.

Cuando la represa tobácea crece, en las zonas marginales puede desarrollarse una colonización vegetal (musgos con cianofceas epifitas), que originan depósitos de carbonato por desgasificación fundamentalmente biológica, estos depósitos se manifiestan a modo de «*terrazas tobáceas*» con diferentes niveles de crecimiento correspondientes a los diferentes niveles de agua.

#### d. LOS DEPÓSITOS DETRÍTICOS TOBÁCEOS DE LAS LAGUNAS Y SU ENTORNO

Están generados por la erosión de los materiales de los depósitos anteriormente estudiados. Se mezclan los elementos detríticos en sentido estricto y los bioclásticos autóctonos con los elementos de origen químico que aparecen en mayor proporción en aquellas lagunas en las que la evaporación ha representado un papel más importante como la Laguna Blanca.

### 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El aspecto hidrogeológico tiene una importancia extraordinaria para entender la génesis de los depósitos tobáceos de las Lagunas de Ruidera (Torrens *et al.*, 1976; Niñerola y Torrens, 1979; Martínez Alfaro, Montero González y López Camacho, 1991; Montero y Martínez Alfaro, 1995). Cuando se analiza el modelo hidroquímico, propuesto por Ordóñez y Felipe (1988), parece fuera de toda duda, que el proceso de génesis de tobas, desde el punto de vista físico-químico está favorecido por: a) el volumen de agua que descarga el acuífero; b) la  $pCO_2$ , en la zona de infiltración, y en relación con la presión normal atmosférica, que depende del tipo de suelo; c) la evaporación del agua en las Lagunas y d) la diferencia de temperaturas entre las aguas subterráneas y el agua en las Lagunas. Al igual que el anterior es un factor exclusivamente climático.

Sin embargo, los depósitos tobáceos, *no se forman de modo generalizado en la zona de la surgencia*, que se produce a lo largo del valle del río Guadiana Alto. Muy al contrario se *concentran en puntos muy concretos*, dando lugar a grandes barreras tobáceas, cuya morfología original, si bien aparece profundamente modificada, permite una buena reconstrucción del modelo sedimentario.

La hipótesis coherente que se puede hacer sobre la distribución irregular de los carbonatos, es que, o bien existen aportes diferenciales de agua del acuífero al valle o por el contrario, lo que es diferencial es el proceso de desgasificación. La primera posibilidad queda descartada, ya que desde el punto de vista de la génesis de las represas, no existe ninguna evidencia de aportes diferenciales de agua. Por lo tanto, se hace necesario acudir a la *desgasificación diferencialmente distribuida* para explicar la distribución irregular de las tobas.

La *desgasificación*, o equilibrio entre el  $\text{CO}_2$  atmosférico, y el  $\text{CO}_2$  disuelto en las aguas, es un mecanismo que puede tener diferentes orígenes: la desgasificación puramente mecánica, favorecida por el régimen turbulento de las aguas, y la desgasificación debida a los procesos biológicos.

La *desgasificación mecánica* puede producirse en cualquier ruptura de pendiente del sistema fluvial.

En el caso de la *desgasificación biológica*: las algas, principalmente Charáceas, así como las Cianobacterias y plantas superiores existentes en las aguas dulces, pueden precipitar carbonatos, como consecuencia de la depresión del  $\text{CO}_2$ , de las aguas. El proceso básicamente consiste en una *biomineralización extracelular* (Simkiss y Wilbur, 1989), en el caso particular de las Cianobacterias. La biomineralización extracelular se produce en el seno del mucílago que envuelve los tricomas, recientemente se ha demostrado que la actividad bacteriana ejerce un importante papel en esta precipitación, tal como demuestran los hábitos de los cristales de calcita que frecuentemente se corresponden con los de hábitos inducidos por actividad bacteriana (Buczynski y Chafetz, 1991 y 1993, Guo y Riding, 1992...). En las *plantas superiores* los depósitos de carbonatos se producen únicamente en la superficie de las hojas, debido a que éstas producen iones hidroxilo, como consecuencia de la absorción de protones, este hecho produce un aumento de la alcalinidad en la superficie de las mismas.

La actividad biológica, y como consecuencia la desgasificación microbiológica, es muy sensible a las condiciones ambientales: iluminación *vs* turbidez de las aguas, oxigenación de las aguas, temperatura, nutrientes, cambios estacionales. Por ello, cualquier cambio ambiental que modifique el desarrollo de la actividad biológica, modifica profundamente la precipitación de carbonatos.

De lo anteriormente expuesto, y como primera hipótesis, se puede señalar que la génesis de las represas tobáceas, y de los otros depósitos de carbonatos tobáceos asociados, está en relación con procesos de desgasificación puntual, física o biológica. Pequeños cambios en la pendiente y el caudal inicialmente, son suficientes para explicarlos. Ello lógicamente no excluye la sedimentación mecánica de carbonatos detríticos, con distribuciones más uniformes.

Una importante consecuencia es que los cambios climáticos y/o geomor-

fológicos, así como los antrópicos, pueden modificar profundamente e incluso destruir el sistema, existiendo evidencias de estos hechos, en estudio en este momento.

Desde el punto de vista estratigráfico, este tipo de depósitos presentan secuencias que son difíciles de interpretar, tanto por la amplia variación de las facies para una misma isocrona, como porque pueden estar profundamente afectadas por procesos diagenéticos, que obliteran facies y señales geoquímicas.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la doctora Alonso Zarza y al doctor Calvet su labor de corrección del presente trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- BUCZYNSKI, C. y CHAFETZ, H. S. (1991): «Habitat of bacterially induced precipitates of calcium carbonate and the influence of medium viscosity on mineralogy», *Jour. Sedim. Petrol.*, 61, 226-233.
- (1993): «Habit of bacterially induced precipitates of calcium carbonate: Samples from laboratory experiments and recent sediments», en Rezak, R. y Lavoie, D. L. (eds.), *Carbonate Microfabrics*, Springer-Verlag, New York, 105-116.
- DUPUY DE LOME, E. (1954), *Mapa geológico de España, escala 1:50.000. Hoja núm. 815. El Bonillo*, 1.a serie. Mapa + Mem. IGME, Madrid.
- EMEIS, K. C., RICHNOW, H. H. y KEMPE, S., (1987): «Travertine formation in Plitvice National Park, Yugoslavia: chemical versus biological control», *Sedimentology*, 34, 595-609.
- GONZÁLEZ MARTÍN, J. A., ORDÓÑEZ, S. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1977): «Evolución geomorfológica de las Lagunas de Ruidera (Albacete-Ciudad Real)», *Estudios geol.*, 43, 227-239.
- (1986): «Aportación al conocimiento de las Lagunas de Ruidera. Impactos y soluciones», en *Supervivencia de los espacios naturales*, 239-251, Casa de Velázquez, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- 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.
- HENTZSCH, B., MARTÍNEZ GOITRE, J., LÓPEZ VERA, F. y MARTÍNEZ FRÍAS, J. (1987): «Datación mediante la relación de actividad Th-230/UU-234 de travertinos de la Meseta Sur», *II Congreso de Geoquímica de España*, 105-108, Soria.
- HERNÁNDEZ PACHECO, E. (1928): *Fisiografía del Guadiana*, Centro de Estudios Extremeños, Badajoz, 12 págs.
- (1949): *La Mancha*, Publ. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 23 págs., Madrid.
- JESSEN, O. (1946): «La Mancha. Contribución al estudio geográfico de Castilla la Nueva», *Estudios geogr.*, 23, 269-312 y 479-524.

- LECOLLE, F. (Coord.) (1990): «Les tufs et travertins quaternaires des bassins de la Seine et de la Somme, et des régions limitrophes», *Bul. 38. Centre de Géomorphologie*, 213 págs.
- MARTÍNEZ ALFARO, P. E., MONTERO GONZÁLEZ, E. y LÓPEZ CAMACIO, B. (1991): «El impacto de la sobreexplotación del acuífero del Campo de Montiel sobre el ecosistema de las Lagunas de Ruidera», *Proc. UH XXIII Int. Congress*, 1, 151-154.
- MARTÍNEZ GOYTRE, J., HENTZSCH, B., LÓPEZ VERA, F. y MARTÍNEZ FRÍAS, J. (1988): «Edad de las terrazas y diques travertínicos de las Lagunas de Ruidera y sus implicaciones paleoclimáticas», *Estudios geol.*, 44, 75-81.
- MONTERO GONZÁLEZ, E. (1989): *Estudio hidrogeológico de las Lagunas de Ruidera*, Tesis de Licenciatura. 135 págs., U.C.M.
- (1994): *Funcionamiento hidrogeológico del sistema de las Lagunas de Ruidera*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense, 275 págs. + bibl. + planos, Madrid.
- MARTÍNEZ ALFARO, P. E. (1995): «Funcionamiento hidrogeológico del sistema de las Lagunas de Ruidera», VI Simposium Hidrogeología. Sevilla, 273-289.
- MARTÍNEZ ALFARO, P. E. y LÓPEZ CAMACHO, B. (1989): «Influencia de las extracciones de agua subterránea en el Campo de Montiel sobre el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera», en *La sobreexplotación de acuíferos*, Almería, 1989, 397-411.
- NIÑEROLA, S., y TORRENS, J. (1979), «Características hidrogeológicas generales de la Cuenca Alta del Río Guadiana», *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, IV, 309-326, Madrid.
- ORDÓÑEZ, S. y FELIPE, A. (1988): «Modelización matemática de la hidroquímica de las aguas de un macizo dolomítico-yesífero. Aplicación a la génesis de los travertinos de las Lagunas de Ruidera», *Estudios Geol.*, 44, 99-105.
- y GONZÁLEZ, J. A. (1979): «Formaciones tobáceas del valle del Río Tajuña entre Brihuega y Masegoso», *Estudios Geol.*, 35, 205-212.
- GONZÁLEZ MARTÍN, J. A. y GARCÍA DEL CURA, M. A. (1985): «Ruidera pools: a travertine dams system on the upper Guadiana river (Central Spain). A sedimentological approach», *6th European Reg. Meeting of Sedimentology, Lleida*, 628-631.
- (1986): «Sedimentación carbonática actual y paraactual en las Lagunas de Ruidera», *Rev. Procesos Materiales Geol.*, 4, 229-255.
- PEDLEY, M. (1992): «Freshwater (phytoherm) reefs: the role of biofilms and their bearing on marine reef cementation», *Sedimentary Geology*, 79, 197-206.
- PEDLEY, M., ANDREWS, J. ORDÓÑEZ, S., GARCÍA DEL CURA, M. A., GONZÁLEZ MARTÍN, J. A., y Taylor, D. (1996) «Does Climate control the morphological fabric of freshwater carbonates?. A comparative study of Holocene barrage tufas from Spain and Britain». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 121, 239-257.
- PLANCHUELO, G. (1944): «El Alto Guadiana y la zona oriental de la altiplanicie del Campo de Montiel», *Bol. Real. Soc. Hist. Nat.*, 42, 593-612.
- (1954): *Estudio del Alto Guadiana y la altiplanicie del Campo de Montiel*, Instituto de Estudios Manchegos, C.S.I.C.
- SIMKISS, K. y WILBUR, K. M. (1989): *Biomineralization*, Academic Press Inc., San Diego, 337 págs.
- SOLÉ SABARIS, L. (1952): *Geografía Física*. Tomo I. *Geografía de España y Portugal*, Montaner y Simón, 500 págs.
- (1978): *Geografía general de España*, Ed. Ariel, 549 págs.

- STOFFERS, P. (1975): «Recent carbonate sedimentation in the lakes of Plitvice (Yug.)», *N. Jb. Miner.*, 9, 412-418.
- TORRENS, S. J., BATLLE, A., NINEROIA, S., GONZÁLEZ FERMOSE, F. y CALVIN, J. (1976): «Contribución al conocimiento de las relaciones entre los acuíferos del Campo de Montiel y la Llanura Manchega "La Leyenda del Guadiana"», *Simposio Nacional de Hidrogeología*, Valencia, 1976, 398-419.
- VALDOUR, J. (Ed.) (1988): «Les édifices travertineux et l'histoire de l'environnement dans le Midi de la France (Provence, Languedoc, Roussillon)». *Travaux XVII. U.A. 903 CNRS et A.T.P. - PIREN*, Aix-en-Provence, 280 págs.
- VIOLANTE, C., FERRERI, V., D'ARGENIO, B. y GOLUBIC, S. (1994): a) «Quaternary travertines at Rocchetta a Volturno (Isernia, Central Italia) Facies analysis and sedimentary model of an organogenic Carbonate System», *15th IAS Regional Meeting, April 1994. Ischia, Italy*, Pre Meeting, Fieldtrip Guidebook, 5-23.
- D'ARGENIO, B., GOLUBIC, S. y FERRETI, V. (1994): b) «Sedimentary model of quaternary travertine deposits», *15th IAS Regional Meeting, April 1994. Ischia, Italy*, Abstracts, 426-428.
- WEJERMARS, R., MULDER-BLANKEN, C. W. y WIEGERS, J. (1986): «Growth rate observation from moss - built Checa travertine terrace, Central Spain», *Geol. Mag.* 123, 279-286.

Manuscrito recibido: 29 de junio 1995

Manuscrito aceptado: 11 enero 1996