

CARBONATOS BIO-SEDIMENTARIOS EN EL TRAVERTINO Y ACUEDUCTO DE SANTA LUCIA. LITORAL ATLANTICO DE CADIZ. (VEJER, ESPAÑA)

por R. CAMARA ARTIGAS*, F. DIAZ DEL OLMO* y R. BAENA ESCUDERO*

RÉSUMÉ : Les carbonates d'origine biosédimentaire (tufs et travertins) jouent un rôle important dans l'évolution des paysages quaternaires. Dans ce travail, sont détaillés les caractères généraux et particuliers des algues cyanophycées dans les structures stromatolitiques du travertin de Santa Lucia, situé au pied de la plateforme de calcarénite de Vejer, à proximité du littoral atlantique. Par leur formation rapide, ces carbonates biosédimentaires, à algues et mousses, fournissent à la fois des témoignages paléoenvironnementaux (fossiles, isotopes, facies) et des références géochronologiques. Ce dernier caractère, joint à la capacité de sceller divers types de morphologies, y compris des ouvrages publics, fontaines et aqueducs comme celui de Santa Lucia (Vejer de la Frontera), confère à ces dépôts une importante valeur comme indicateur environnemental.

MOTS CLÉS : Carbonates biosédimentaires, algues cyanophycées, mousses, travertins.

I • INTRODUCCION

En los **travertinos**, las formaciones **biosedimentarias** están constituidas por algas **cianofíceas** y musgos a partir de aportes de agua, y/o situaciones de umbría y alta humedad relativa. Los edificios **algares** carbonatados tienen su génesis en los medios sumergidos y de ambientes someros, **localizándose** habitualmente en la base de las secuencias de los **travertinos mediterráneos** (J. VAUDOUR, 1986, 1994).

II • TRAVERTINOS DE SANTA LUCIA

1. Localización y posición geomorfológica

El **travertino** de Santa Lucía se localiza al NO de **Vejer** de la Frontera (Cádiz), y constituye una plataforma de 0,125 Km², de 20 a 30 **mts** de espesor, y a 100 **mts** de altitud, **adosado** al relieve estructural de la Muela en su vertiente sur occidental. Dicho relieve está constituido **por** areniscas **calcáreas** del **Mioceno** Superior, con una sucesión litológica integrada por materiales arcillosos en la base y progresivamente **areniscosos** hacia la parte superior. **A** nivel **estructural** se organiza en un sinclinal poco marcado de **rumbo NE-SW** cuyo buzamiento en los flancos favorece la presencia de **escarpes** monoclinales (Fig. 1).

2. Dominio bioclimático actual del litoral atlántico de **Cádiz**.

Localizado en el piso **bioclimático** termomediterráneo sus rasgos **climáticos** están **determinados** por un índice de **termicidad** I_t entre 350 y 400, y T_{ma} de 22,75°C. La T_m de las mínimas del mes más frío es superior a los 8°C, pudiendo presentar alguna helada, pero raramente alcanza temperaturas inferiores a -2,5°C. La T_m de las máximas del mes más cálido es superior a los 25°C pero inferior a 33,5°C. Desde el punto de vista de la humedad constituye un régimen mediterráneo, con mayor precipitación en invierno que en primavera, un ombroclima subhúmedo de 876 mm de precipitación media anual, y 3 meses de sequía **estacional** con paralización vegetativa. Su balance **hídrico** presenta **déficit** entre primavera y **otoño** (180 días), conservándose la humedad **edáfica** hasta 120 **días**. El periodo de recarga de humedad edáfica se prolonga hasta principios de invierno, y dura unos 45-50 días. **alcanzándose** entonces el excedente con 256 mm. (EIP valorada en 1348 mm. y ETR en 619). Esto marca una intensidad **bioclimática** real (IBR) de 20 **ubc**, muy por debajo de la potencial (**IBP**), situada en 36,6 **ubc** (Fig. 2 y 3).

El **travertino** de Santa Lucía se encuentra en la actualidad en una situación de abandono tras una intervención humana durante los siglos XVII-XX con cultivos de huerta, de los que quedan como testigos las especies **arbóreas** y **arbovitivas** como el *Ficus carica*, *Punica granatum*, y *Opuntia jicuis-indica*. Estas especies están **acompañadas** por **otras** que responden a cultivos **hortícolas** abandonados, u otras propias de lugares antropizados y luego abandonados, como el *Rubus fruticosus*, *Borago officinalis*, *Malva sp.* y *Plantago sp.*

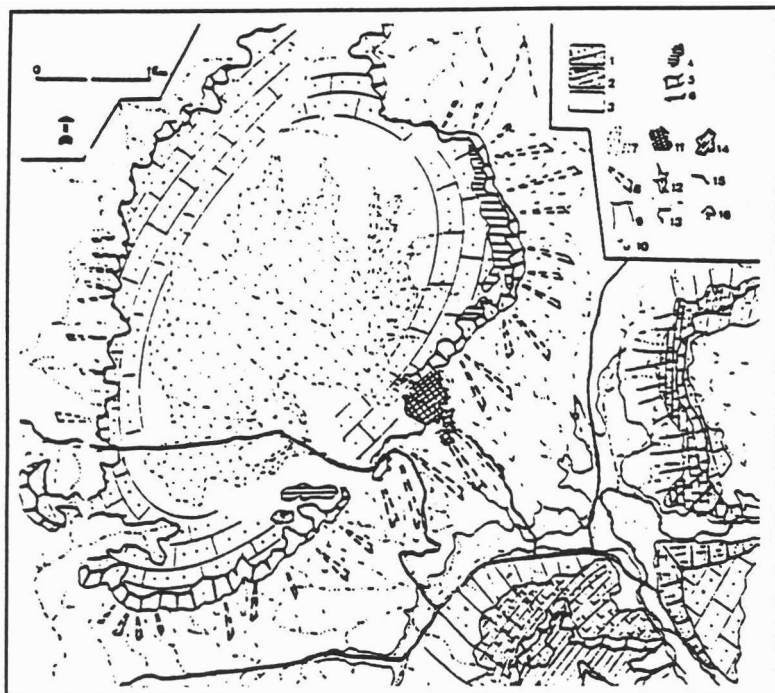


Figura 1 - Esquema geomorfológico de La Muela

- 1 : calizas areniscosas somitales
- 2 : calcarenitas
- 3 : margas
- 4 : retazos de aplanamientos
- 5 : escarpes abruptos
- 6 : escarpes romos
- 7 : fondo de depresión relleno de
- 8 : piedemonte degradado arenas rojizas
- 9 : ladera
- 10 : lóbulos de soliflucción
- 11 : travertino
- 12 : fondo de valle mal drenado
- 13 : red fluvial
- 14 : vejer
- 15 : carreteras
- 16 : canteras

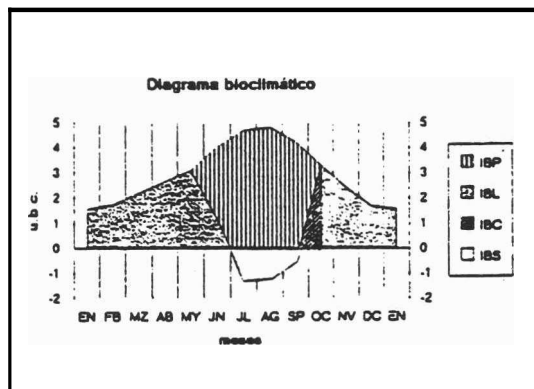


Figura 2 - Diagrama bioclimático.

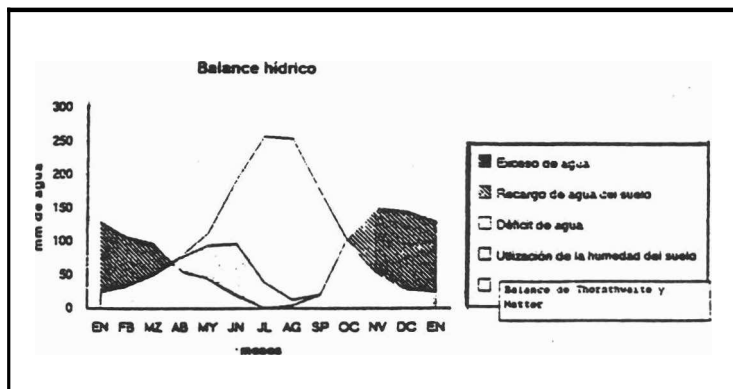


Figura 3 - Diagrama de balance hídrico (Thornthwaite-Matter).

El piso **termomediterráneo** (s. RIVAS-MARTINEZ, 1987) tiene en éste litoral atlántico como **bioindicadores** de vegetación las especies *Aristolochia baetica*, *Ceratonia siliqua*, y *Chamaerops humilis*. En el área del **travertino** se ha constatado la presencia de *Phyllirea angustifolia*, *Olea europea subsp. sylvestris*, *Pistacia lentiscus*, *Aristolochia baetica*, *Ceratonia siliqua*, *Smilax mauritánica* y *Chamaerops humilis*. No se observaron ejemplares de *Quercus rotundifolia*

3. El acueducto

Durante la primera mitad de la Edad Moderna (s. XVII) se construyó un acueducto con sillares de calizas areniscosas del banco masivo del techo de la serie del **Mioceno** en el relieve estructural de la Muela. La **función** de éste era la regulación de las aguas del **travertino** para abastecer las **huertas** del arroyo Santa Lucía, en el **piedemonte** de la Muela. La actividad agrícola se ha mantenido hasta el presente siglo, estando en la actualidad abandonada.

III- CARBONATOS BIOSSEDIMENTARIOS DEL TRAVERTINO Y DEL ACUEDUCTO

1. Facies

Dos sectores pueden distinguirse en el afloramiento del **travertino**: de un lado la plataforma del **travertino** en el camping El Molino, constituida por un frente de facies de **cascada** de aspecto masivo cristalino y con numerosas **oque-dades**. Se trata de facies de **musgos** con cubierta **estromatolítica**. De otra parte, hacia el arroyo de Santa Lucía, la plataforma está escalonada con la siguiente sucesión: facies **estromatolíticas** en la base ; de tipo creta con **pisolitos** y **nódulos**

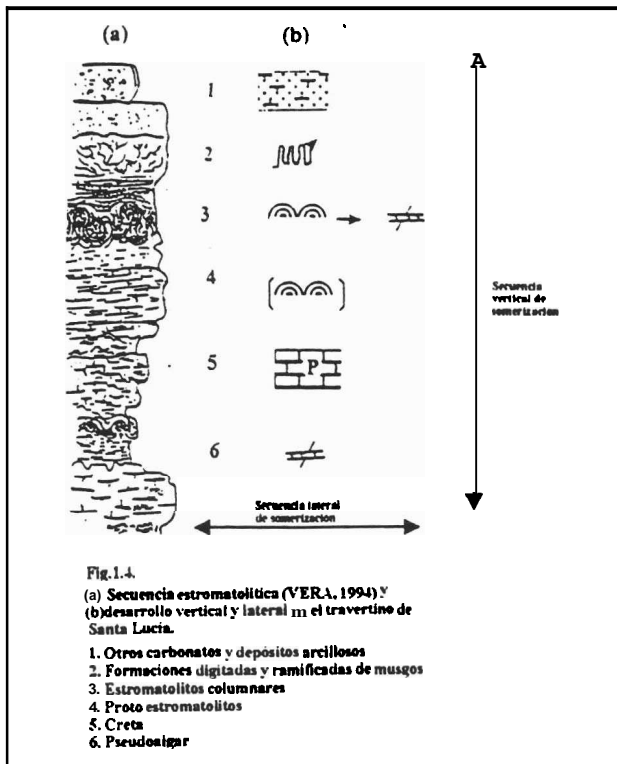


Figura 4 - (a) Secuencia estromatolítica (VERA, 1994) y (b) desarrollo vertical y lateral en el travertino de Santa Lucía.

- | | |
|--|-------------------------|
| 1. Otros carbonatos y depósitos arcillosos | 4. Proto estromatolitos |
| 2. Formaciones digitadas y ramificadas de musgos | 5. Creta |
| 3. Estromatolitos columnares | 6. Pseudoalgar |

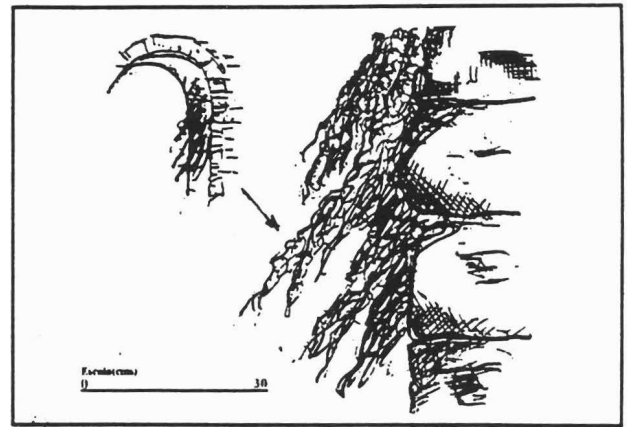


Figura 5 - Formaciones digitadas y ramificadas de musgos.

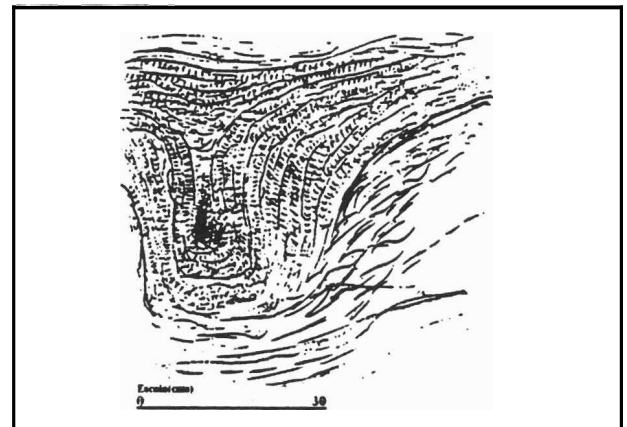


Figura 6 - Estromatolitos columnares.

en el cuerpo central ; y recubriendo las anteriores. nuevas facies tipo casca& (Fig. 4). A partir de estos datos podemos plantear para el travertino una génesis vincula& a la red de drenaje del arroyo Santa Lucía y a la karstificación superficial de las areniscas de la Muela (Fig. 5). Los pilares y arcos del acueducto, por su parte, están cubiertos por facies digitadas y ramificadas de musgos (Fig. 6). El sistema de cascadas se implanta pues, sobre facies carbonatadas con rasgos domáticos (columnares), y microficies laminares. En cuanto a las facies de musgos digitadas, presentan detalles de microficies concéntricas que, como indica J. CASANOVA (1981), están constituidas por la asociación de briofitas-cianofíceas y diversos tipos de bacterias.

2. Algas cianofíceas y musgos

Las algas azules, verdi-azules o cianofíceas, son las plantas con clorofila más primitivas que se conocen, siendo alrededor de 2.500 especies, agrupadas en siete familias. En algunas sistemáticas se les ha introducido con las bacterias dentro de las Schizophytas (G. NEGRI, 1988), afirmando que no tienen ninguna relación con las plantas superiores, dividiendo las Schizophytas en esquizomicetes, bacterias, y esquizofíceas, algas azules o cianofíceas. En la actualidad un 20% viven en el mar y el resto se han situado en medios lacustres continentales, constituyendo estromatolitos los géneros Schizothrix, Scytonema, y Rivularia en medios asociados a manantiales (G. BIGNOT, 1988).

Las algas azules tienen la clorofila dispersa en todo el citoplasma bajo forma de pequeños gránulos, y no en cloroplastos aislados como en las plantas superiores. Poseen un pigmento azul, la ficocianina, además de la clorofila ya citada, el caroteno. y la xantofila. Almacenan de forma general carbohidratos bajo la forma de una variedad característica de almidón (C.A. VILLEE, 1974). Algunas pasan a formar parte de los líquenes. como ocurre con el género Collema; otras fijan el nitrógeno atmosférico; y otras, las que más nos interesan a nosotros, fijan el carbonato cálcico, como la Rivularia haentatites, tomando consistencia lítica y conservando solo vivas las partes más externas, mineralizándose por completo las internas. Su resistencia a temperaturas elevadas es grande, como en el caso de Phormidium laminosum. En otros casos soportan temperaturas menos elevadas, como el Calothrix calida, y el Aphanocapsa thermalis. Viven en los medios más diversos, desde la superficie húmeda de las rocas, cascadas y manantiales, suelo, o sobre la superficie del agua, formando un velo diversamente coloreado que recibe el nombre de flos aque, producido por el Aphanizomenon flos aque, Oscillatoria sp., Microcystis sp., etc. de la familia Nostocaceae.

Tomando en consideración la familia *Rivulariaceae*, constituida por **células** reunidas en colonias **filiformes**, simples o con falsa ramificación, formando filamentos acuminados en forma de zurriago, y reunidas a modo de copete o de abanico (S. GOLUBIC, 1976), destacaremos como fijadores de carbonato cálcico :

a) **Sobre los muros**, el *Calothrix parietina*.

b) **En las cascadas**, *Rivularia haematites* y *R. rufescens*. En la base y cuerpo central del edificio **travertínico** de Santa Lucía las estructuras columnares y **bandeadas** de estromatolitos, están constituidos por las facies laminares de **tamaño** mili métrico a **decamétrico** en superficie, dando **morfologías** estratiformes o columnares y hacia el techo del cuerpo central del edificio, otras facies de **estructuras** esferoidales y libres (**pisolitos** y oncolitos).

Los estromatolitos conformados por colonias de *Rivularia* son los causantes de las laminaciones onduladas. La acumulación de estas formaciones dan lugar a edificios **travertínicos** de tipo de cascada, columnares o **pseudoalgares** de crecimiento relativamente rápido, como se ha podido estudiar en el tapizado **estromatolítico** de los acueductos de Pont du Gard (**Nîmes**, Francia) (ADOLPHE *in* J.C. MISKOVSKY, 1987).

Comparando la secuencia de **somerización estromatolítica** de J.A. VERA (1994), con el dispositivo de este **travertino**, podemos constatar una dinámica de somerización que vertical y lateralmente enlaza con el dispositivo de cascadas. Es a partir de la progresión de las facies de cascada cuando se organiza la regulación hidráulica del acueducto en el **sector** de Santa Lucía. Una vez construido el acueducto, se han **desarrollado** sobre el las facies de musgos vinculadas al desbordamiento y **filtración** de las aguas del canal del acueducto, principalmente bajo el contrafuerte de la última cimbra del acueducto.

El orden de **Bryales** es el más importante en la generación de facies de musgos vinculadas a aguas carbonatadas. destacando los siguientes géneros :

- sobre muros y paredes **soleados** de roca caliza dura, *Tortulas*, *Tortella*, *Pleurochaete*, *Orthotrichum*, *Leskeella*, y *Barbula*, aparecen asociados a líquenes calcícolas de colores vivos, como *Fulgensia fulgens*, *Lecidea decipiens*, *Toninia coeruleonigricans*, *Cladonia convoluta*, y *Squamarina crassa*.

- sobre las cascadas de **aguas alcalinas** se encuentran los musgos *Cratoneurum conmutatum* y *C. filicinum*, separando el carbonato cálcico del agua y precipitándolo formando gruesas capas de toba **calcárea**.

- en fuentes carbonatadas el *Philometis calcarea* y *Brachythecium rivulare*.

IV - SINTESIS

Al igual que otros edificios **travertínicos**, los carbonatos **biosedimentarios** (tapices algo-bacterianos con *Rivularia*, y *Phormidium* principalmente) constituyen la formación de base del **travertino** de Santa Lucía en el litoral **atlántico** de **Cádiz**, y en la actualidad tapizan los contrafuertes de su acueducto. **Las** condiciones de ombroclima subhúmedo y la amplitud de la humedad "**edáfica**", en el balance **hídrico** de la región litoral, **así** como localmente las pérdidas de agua del acueducto, facilitan el desarrollo de las **biocenosis** de **Bryales**, y con ello las facies carbonatadas de musgos **prograsan** en la actualidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al Proyecto **DGICYT nº PS93-0105**. Los autores agradecen la información del **afloramiento** del travertino aportada por el profesor JM. **RECIO ESPEJO**.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIGNOT, G. - 1988. *Los microfósiles*. Ed. Paraninfo. Madrid.
- CASANOVA, J. - 1981. *Morphologie et biolithogénèse des barrages de travertins*. Actes du Colloque de L'A.G.F. Formations carbonatées externes, tufs et travertins. Paris.
- GOLUBIC, S. - 1976. Taxonomy of extant stromatolite-building cyanophytes. *Stromatolites*, M.R. Walker (ed.) *Developments in Sedimentology* 20, Elsevier Sc. Amsterdam. pp. 127-140.
- MISKOVSKY, J.C. -1987. *Géologie de la préhistoire*. Ed. GEOPRE. París.
- NEGRI, G. - 1988. *Botánica*. Madrid.
- RIVAS MARTINEZ, S. -1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Serie Técnica. Ed. ICONA. Madrid.
- VAUDOUR, J. - 1986. Introduction à l'étude des travertins holocènes. *Méditerranée*, 1-2, pp. 3-10.
- VAUDOUR, J. - 1994. Evolution holocène des travertins de vallée dans le Midi Méditerranéen français. *Géographie physique et Quaternaire*, 48.3 pp. 315-326.
- VERA TORRES, J.A. - 1994. *Estratigrafía. Principios y métodos*. Ed. Rueda Madrid
- VILLEE, C.A. -1974. *Biología*. Ed. Interamericana. México.