

## 210. *CYANIDIUM CALDARIUM* (TILDEN) GEITLER (CYANIDIACEAE, CYANIDIOPHYCEAE) NUEVA CITA PARA LA FLORA ALGAL CONTINENTAL ESPAÑOLA

María Eugenia GARCÍA-FERNÁNDEZ\* y Marina ABOAL

Recibido el 4 de junio de 2011, aceptado para su publicación el 10 de julio de 2011

*Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler (Cyanidiaceae, Cyanidiophyceae) new record for the Spanish continental algal flora

Palabras clave. Cyanidiophyceae, *Cyanidium*, cuevas, aguas termales, material yesífero, distribución.

Keywords. Cyanidiophyceae, *Cyanidium*, caves, thermal springs, gypsum, distribution.

El género *Cyanidium* Geitler es monoespecífico y se caracteriza por su hábito unicelular y estar sobre todo bien representado en aguas termales. Presenta una morfología bastante simple que consiste en células esféricas uninucleadas de paredes gruesas con un único cloroplasto discoidal sin pirenoide (De Luca *et al.* 1978, Merola *et al.* 1981). Los estudios filogenéticos sugieren que es uno de los géneros de algas más primitivos (Yoon *et al.* 2002).

Desde su descripción, *Cyanidium caldarium* se ha incluido en hasta 4 grupos taxonómicos distintos: Chlorophyta (Tilden 1898), Cyanophyta (Geitler & Ruttner 1936), Rhodophyta (Hirose 1958, Geitler 1958) y Cryptophyta (Dougherty & Allen, 1960).

El orden Cyanidiales además incluye a los géneros *Cyanidioschyzon* De Luca, Taddei & Varano y *Galdieria* Merola in Merola *et al.* que se diferencian de *Cyanidium* por el modo de reproducción. *Galdieria* y *Cyanidium* se reproducen asexualmente mediante la formación de autósporas (4 autósporas *Cyanidium* y de 4 a 30 *Galdieria*), sin embargo en *Cyanidioschyzon* sólo se ha observado división celular. Los géneros *Cyanidium* y *Cyanidioschyzon* contienen una única especie, mientras que en el género *Galdieria* se recogen cuatro (Toplin *et al.* 2008).

En este trabajo se cita *Cyanidium caldarium* por primera vez en España (Álvarez-Cobelas *et al.* 1984, Ballesteros *et al.* 1985, Sabater *et al.* 1989).

Las muestras fueron recolectadas en la cueva la Romera situada en el término municipal de Cañete la Real (Málaga, Sur España) en las coordenadas UTM 30S UF1297 a 450 m sobre el nivel del mar. La cueva mide aproximadamente 500 m de longitud y unos 8 m de profundidad con una única entrada (fig. 2). La temperatura es moderada, se mantiene alrededor de los 15°C. La cueva se asienta sobre



Figura 1. Localización de la cueva la Romera

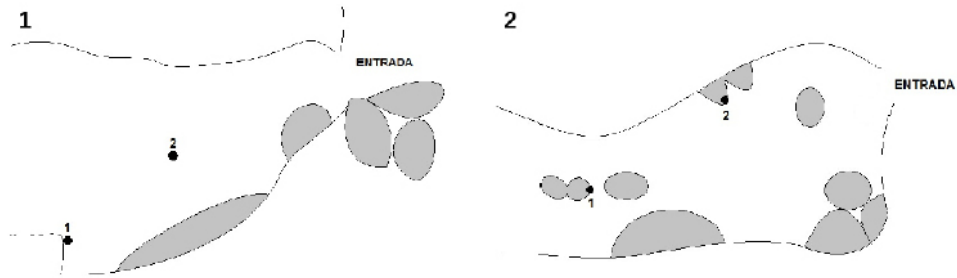


Figura 2. 1-2 Perfil y planta de la cueva la Romera, y localización de los puntos de muestreo.

terreno yesífero con ombroclima semiárido y una vegetación de monte bajo mediterráneo donde las coscojas (*Quercus coccifera* L.), espinos negros (*Rhamnus lycioides* L.), pinos carrascos (*Pinus halepensis* Mill.) y lentiscos (*Pistacia lentiscus* L.) son predominantes (fig. 1). Se recogieron muestras de la superficie rocosa de la cueva mediante raspado y de agua en dos puntos de muestreo, uno situado a 35 m de la entrada a la cueva (punto 1) y otro menos profundo a 20 m (punto 2) (fig. 2). En el momento de la recolección se midieron en el campo la temperatura, y el pH del agua. Las muestras de agua se transportaron hasta el laboratorio en frío, se filtraron con filtros de 0.45  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro y se analizó su composición química (nitrógeno y fósforo total,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  y Si) con los kits de análisis de aguas Merck (Spectroquant) (tab. 1).

Las muestras biológicas se conservaron en frío hasta la llegada al laboratorio donde una parte se estudiaron en vivo con microscopía óptica y posteriormente se conservaron en seco y se depositaron en el Herbario MUB-ALGAS. Se realizaron 20 medidas de las dimensiones de las células y se fotografiaron con un microscopio Leica DMRB, equipado con un programa de ordenador para digitalizar imágenes, Spot RT Software v3.0. Para la microscopía electrónica de barrido se utilizó un microscopio JEOL-6100 en el Servicio de Microscopía de la Universidad

de Murcia. Previamente se preparó el material vegetal mediante fijación con glutaraldehído al 2,5% y tetróxido de osmio al 1% en tampón fosfato, deshidratación con etanol (las secciones se tiñeron con acetato de uranilo al 2% y citrato de plomo), y mediante punto crítico y metalización con Au-Pd.

Se obtuvieron cultivos monoclonales a partir de aislamientos en el medio de cultivo BBM (Bold 1949).

El pH del agua es levemente alcalino y la conductividad es elevada, como corresponde a aguas sobre material yesífero. El contenido en nutrientes (nitrógeno y fósforo) es relativamente elevado probablemente debido a la existencia de colonias de murciélagos en el interior de la cueva. La concentración de amonio también se debe a la presencia de materia orgánica en descomposición (tab. 1).

Las poblaciones de *Cyanidium* se desarrollan en puntos en los que no llega la luz directa de la entrada y muestran un aspecto pulverulento y de intenso color verde azulado. Las células son esféricas de 3 a 6  $\mu\text{m}$  de diámetro de un color verde azulado intenso y están aisladas. Tienen un único cloroplasto discoidal sin pirenoide. Como estructuras reproductoras sólo se observan autoesporocistes con 4 autósporas (fig. 3).

Las características morfométricas y la morfología de las células, se encuentran dentro

PUNTO DE MUESTREO	CONDUCTIVIDAD mS/cm <sup>2</sup>	pH	FÓSFORO TOTAL (mg/L)	NITRÓGENO TOTAL (mg/L)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	PRS (mg/L)	Si (mg/L)
1	3	7,13	2,62	9,8	4,8	0,02	0,14	0,05	0,76
2	2,43	7,24	2,82	19,4	7,8	0,01	0,22	0,04	1,41

Tabla 1. Características físico-químicas del agua de la cueva la Romera.

CONTINENTE	LOCALIDAD	HÁBITAT	pH	T <sup>a</sup>	MATERIAL GEOLÓGICO	REFERENCIA
América	Desierto de Atacama (Chile)	cueva costera	4,5	15° C	basalto andesítico y arenisca	Azúa-Bustos <i>et al.</i> 2009
	Parque Nacional de Yellowstone (Estados Unidos)	aguas termales	3,3	56° C	roca volcánica	Toplin <i>et al.</i> 2008
	Cueva Monte Rotaro, Ischia (Italia)	cueva	7 – 7,2	-	roca volcánica	Ciniglia <i>et al.</i> 2004
	Cueva Sybil, Nápoles (Italia)	cueva	7 – 7,2	-	roca volcánica	Ciniglia <i>et al.</i> 2004
Europa	Pisciarelli, Nápoles (Italia)	aguas termales	0,5 - 2	25- 55° C	roca volcánica	Ciniglia <i>et al.</i> 2004
	Acqua Santa (Italia)	aguas termales	0,5 - 3	50-55° C	-	Pinto <i>et al.</i> 2003 Ciniglia <i>et al.</i> 2004
	Siena (Italia)	aguas termales	0,5 - 3	50-55° C	-	Pinto <i>et al.</i> 2003 Ciniglia <i>et al.</i> 2004
Oceanía	Cueva la Romera, Málaga (España)	cueva	7,2	15° C	yesos	Este trabajo
	Quennsland (Australia)	cueva costera	-	-	arenisca	Cribb 1965
Asia	Java (Indonesia)	aguas termales	0,5 - 3	50-55° C	-	Pinto <i>et al.</i> 2003 Ciniglia <i>et al.</i> 2004
	Japón	aguas termales	0,5 - 3	50-55° C	-	Pinto <i>et al.</i> 2003 Ciniglia <i>et al.</i> 2004

Tabla 2. Distribución geográfica y características ambientales de las localidades en las que se ha citado *Cyanidium caldarium*.

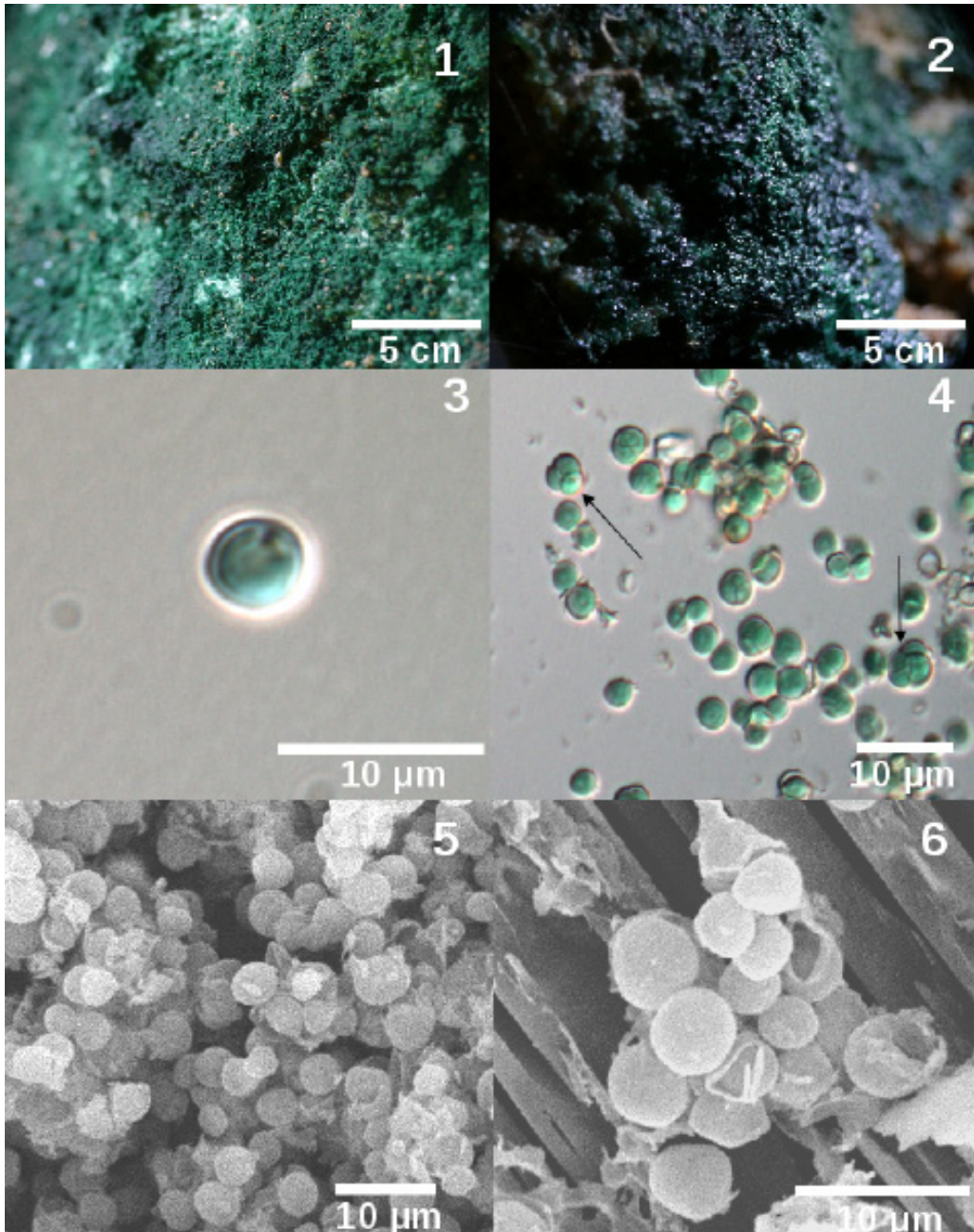


Figura 3. 1-2. Aspecto general de las poblaciones de *Cyanidium* en la cueva la Romera. 3-4. Células aisladas y autoesporocistas (flechas). 5. Células aisladas de *Cyanidium* al microscopio electrónico de barrido. 6. Liberación de las autósporas sobre los cristales de yeso.

de los rangos establecidos para la especie.

*Cyanidium caldarium* es una especie ampliamente distribuida en fuentes termales de todo el mundo, sin embargo recientemente se ha citado en varias cuevas, sobre distintos materiales geológicos, con distintos valores de pH y a una temperatura moderada (tab. 2).

En general, el pH en las cuevas es básico, a excepción de la cueva de Atacama (Chile) que lo tiene ácido. Los materiales geológicos suelen ser areniscas y rocas volcánicas, a excepción de la cueva la Romera donde el material es yesífero. Las aguas termales en las que se desarrolla se asientan sobre terrenos volcánicos (tab. 2). Aunque se carece de datos para otras cuevas es posible que en todos los casos haya un buen suministro de nutrientes proporcionado por los animales que suelen habitar las cuevas del material estudiado.

La delimitación de especies dentro del género *Cyanidium* es complicada debido a la ausencia de caracteres morfológicos. No se puede separar con claridad el material de la cueva la Romera del citado para aguas termales u otras cuevas. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que en cuevas se desarrolla un linaje monofilético y mesófilico de *Cyanidium*, diferente de los linajes termoacidófilos que habitan en aguas termales (Azúa-Bustos *et al.* 2009). Es por tanto imprescindible realizar una caracterización genómica de los taxones para poder verificar la existencia de más de una especie dentro de este género.

**AGRADECIMIENTOS.** A Toni Pérez, Baltasar Felguera e Ildefonso Felguera, Grupo de Espeleología de Villacarrillo y Grupo Espeleológico Arqueológico de Campillos, por su ayuda en la recogida del material vegetal.

## BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ-COBELAS, M. -1984- Catálogo

- de las algas continentales españolas II. Craspedophyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Haptophyceae, Phaeophyceae, Rhodophyceae, Xantophyceae. *Acta Bot. Malacitana* 9: 27-40.
- AZÚA-BUSTOS, A., C. GONZÁLEZ-SILVA, R.A. MANCILLA, L. SALAS, R.E. PALMA, J.J. WYNNE, C.P. MCKAY & R. VICUÑA -2009- Ancient photosynthetic eukaryote biofilms in an Atacama Desert coastal cave. *Microb. Ecol.* 58:485-496.
- BALLESTEROS, E., C.F. BOUDOURESQUE, M.P. BOUDOURESQUE, M. BRUGUÉS, J. CATALÁN, F.A. COMÍN, J. CAMBRA, R.M. CROS, M. COMELLES, M. DELGADO, M. HERNÁNDEZ, X. LLIMONA, J. MOLERO, M.A. RIBERA, J. ROMERO, X. TOMÁS & F. TORRELLA -1985- Història natural dels Països Catalans: Plantes inferiors, vol. 4. Enciclopèdia Catalana S. A., Barcelona.
- BOLD, H.C. -1949- The morphology of *Chlamydomonas chlamydogama* sp. nov. *Bull. Torrey Bot. Club.* 76: 101-108.
- CINIGLIA, C., H.S. YOON, A. POLLIO, G. PINTO & D. BHATTACHARYA -2004- Hidden biodiversity of the extremophilic Cyanidiales red algae. *Mol. Ecol.* 13:1827-1838.
- CRIBB, A.B. -1965- An ecological and taxonomic account of the algae of a semi-marine cavern, Paradise cave, Queensland. University of Queensland Press, Department of Botany, vol. IV, no. 16.
- DE LUCA, P., R. TADDEI & L. VARANO -1978- 'Cyanidioschyzon merolae': a new alga of thermal acidic environments. *Webbia* 33: 37-44.
- DOUGHERTY, E.C. & M.B. ALLEN -1960- Is pigmentation a clue to protistan phylogeny? Comparative Biochemistry of Photoreactive Systems. *Symp. Comp. Biol.* 1: 129-144.
- GEITLER, L. & F. RUTTNER -1936- Die Cyanophyceen der deutschen limnologischen Sunda-Expedition. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 14: 308-481.
- GEITLER, L. -1958- Die Gattung *Cyanidium*. *Österr. Bot. Z.* 106: 172-173.
- HIROSE, H. -1958- Rearrangement of the systematic position of a thermal alga, *Cyanidium caldarium*. *Bot. Mag. Tokyo* 71: 347-352.
- MEROLA, A., R. CASTALDO, P. DE LUCA, R. GAMBARDELLA, A. MUSACCHIO &

- R. TADDEI -1981- Revision of *Cyanidium caldarium*. Three species of acidophilic algae. *Giorn. Bot. Ital.* 115: 189–195.
- PINTO, G., P. ALBERTANO, C. CINIGLIA, S. COZZOLINO, A. POLLIO, H.S. YOON & D. BHATTACHARYA -2003- Comparative approaches to the taxonomy of the genus *Galdieria merola* (Cyanidiales, Rhodophyta). *Crypt. Algal.* 24:13-32.
- SABATER, S., M. ABOAL & J. CAMBRA -1989- Nuevas observaciones de rodofíceas en aguas epicontinentales del NE y SE de España. *Limnética* 5: 93-100.
- TILDEN, J.E. -1898- Observations on some West American thermal algae. *Bot. Gaz.* 25: 89-105.
- TOPLIN, J.A., T.B. NORRIS, C.R. LEHR, T.R. MCDERMOTT & R.W. CASTENHOLZ -2008- Biogeographic and Phylogenetic Diversity of Thermoacidophilic Cyanidiales in Yellowstone National Park, Japan, and New Zealand. *Appl. Env. Microbiol.* 74(9) 2822–2833.
- YOON, H.S., J.D. HACKETT, G. PINTO & D. BHATTACHARYA -2002- The single, ancient origin of chromist plastids. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99: 15507-15512.
- Dirección de las autoras. Laboratorio de Algología, Departamento de Biología Vegetal. Facultad de Biología. Campus de Espinardo. Universidad de Murcia. 30100, Murcia, Spain.\*Autora para correspondencia: marujegf@gmail.com

## 211. ALGAS AEROFÍTICAS EPIPÉLICAS DEL MARJAL DE PEGO-OLIVA, ESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

M. Eugenia FERNÁNDEZ-GARCÍA, M. Isabel SÁNCHEZ-LORENCIO y Marina ABOAL

Recibido el 10 de junio de 2011, aceptado para su publicación el 28 de julio de 2011

*Aerophytic epipellic algae from Marjal Pego-Oliva, eastern Iberian Peninsula*

Palabras clave: Algas aerofíticas, marjales, *Vaucheria*, *Botrydium*, Península Ibérica.

Key words: Aerophytic algae, saltmarsh, *Vaucheria*, *Botrydium*, Península Ibérica.

Las algas aerofíticas han sido escasamente estudiadas en nuestro país. En algunos casos los datos florísticos se incorporan a trabajos ligados al biodeterioro de monumentos de

sustratos rocosos (Rifón-Lastra 2000) y en otros, en cambio, se centran en comunidades de microalgas epipélicas (Aboal 1996).

La flora y distribución de las macroalgas