

Observaciones sobre algunos caracteres de valor taxonómico en el grupo de los carófitos

J. PEDROLA, J. D. ACUÑA & J. BASTIDA

Abstract

PEDROLA, J., J. D. ACUÑA & J. BASTIDA (1990). Observations on some characters of taxonomic value in the Charophyta group. *Collect. Bot. (Barcelona)* 18: 21-43.

The variability of the microstructural characters and mineralogical composition of the oogonia of some charophytes extant and fossils is described. Two types of microstructures (W & V) are found. These are conservative into populations and are not able to change by the environmental factors. Moreover, these structures are quite constant in some of the phylogenetic groups studied. Consequently it is proposed its utilization in taxonomy. The apparition of original compounds in the Charophyta (vaterite, whewellite, aragonite, etc.) is important because it supports an old idea that considerates the Charophyta as an autonomous class between the Chlorophyta and the Traqueophyta.

Keywords: Charophytes, taxonomy, evolution, microstructures, mineralogical composition

Resumen

PEDROLA, J., J. D. ACUÑA & J. BASTIDA (1990). Observaciones sobre algunos caracteres de valor taxonómico en el grupo de los carófitos. *Collect. Bot. (Barcelona)* 18: 21-43. .pm 365

Se describe la variabilidad de los caracteres microestructurales y la composición mineralógica de las células espirales del oogonio en diversas especies actuales y fósiles del grupo de los carófitos. Se encuentran así, dos tipos de microestructuras diferentes (W y V) que se muestran conservativas en el seno de las poblaciones, no moldeables por el ambiente y relativamente constantes dentro de los distintos grupos filogenéticos. En consecuencia, se propone su utilización con fines taxonómicos. La aparición de ciertos elementos mineralógicos (vaterita, whewelita, aragonito etc.) resulta remarcable por su originalidad y su apoyo al viejo criterio que consideraba los carófitos como una clase autónoma y quizás de "enlace" entre clorófitos y traqueófitos.

Palabras clave: Carófitos, Taxonomía, Evolución, Microestructura, Composición mineralógica.

J. PEDROLA: Estación Internacional de Biología Mediterránea. Jardín Botánico Marimurtra. Pº Carlos Faust, 10. Blanes. Gerona. España. J. D. ACUÑA & J. BASTIDA: Departamento de Geología. Facultad de Biología. Universidad de Valencia. C. Dr. Moliner, 40. Valencia. España.

Introducción

El grupo de los carófitos ilustra ampliamente sobre la frecuente situación de discrepancia entre paleontólogos y neontólogos a la hora de elegir caracteres de utilidad sistemática. Los paleontólogos atienden únicamente a la morfología de los oogonios e ignoran las partes vegetativas, poco persistentes en el registro fósil por su fragilidad y, por lo tanto, difíciles de encontrar; los neontólogos, por el contrario, se basan en caracteres morfológicos de distintas partes de la planta menospreciando el oogonio por considerarlo apenas variable entre los distintos táxones.

Esta situación plantea diversos problemas. Por una parte, aparecen contradicciones taxonómicas derivadas de la dualidad de criterios. Sirva como ejemplo el siguiente: en el género actual *Nitella*, las especies pueden presentar o no poro apical y células basales segmentadas en sus oogonios; pues bien, estas diferencias, a las que los neontólogos no conceden siquiera valor específico, son las mismas que los paleontólogos utilizan para separar géneros distintos (p. e. en la familia fósil de las *Porocaraceae*). Por otra parte y como cuestión de fondo, se plantea el problema de por qué la variabilidad de los oogonios parece presentar un comportamiento diferente en las formas actuales y fósiles.

Persiguiendo una respuesta a esta última cuestión, diferentes trabajos han revisado críticamente los principios y técnicas de la taxonomía paleontológica aplicada al grupo. De este modo, numerosos ejemplos de tipologismo o mala interpretación del concepto biológico de especie han podido ser reconocidos (SOULIE-MÄRSCHÉ, 1979). En este sentido y en un trabajo anterior dos de los autores (PEDROLA & ACUÑA, 1986) han puesto de manifiesto cómo determinados aspectos generales de la variabilidad intraespecífica de los oogonios han podido ser sobrevalorados por los paleontólogos concediéndoles valor específico o genérico. Sin embargo, no sólo los criterios usados con las especies fósiles han sido objeto de crítica.

La clásica distinción general dentro del género *Chara* entre especies haplostéfanas (corona estipular simple) y diplostéfanas (corona estipular doble) ha sido considerada carente de valor filogenético y, en consecuencia, taxonómico (PROCTOR, 1980). Por otra parte, los sorprendentes resultados de los experimentos de reproducción inducida con clones del género *Chara* parecen confirmar que colectivos formalmente idénticos o cuyas diferencias no han tenido peso taxonómico (color de la oospora, presencia o ausencia de filoides con células corticadas, etc.) pueden estar aislados reproductivamente, no siendo posible establecer una correlación estrecha entre las barreras intergenéticas y los parámetros morfológicos.

La situación que crean todas estas circunstancias resulta realmente confusa y reclama un esfuerzo especial en la reconsideración global del problema. Con la intención de aportar algunos datos a esta labor se presentan aquí algunas observaciones sobre la microestructura de las células espirales y la composición mineralógica de los oogonios de diversas especies actuales y fósiles. Como más adelante se expondrá, estos caracteres muestran una interesante variabilidad entre táxones que discrepa con la aparente uniformidad general de la morfología del oogonio en las especies actuales. Por otra parte, y por tratarse de caracteres correspondientes al oogonio, el tema posee el atractivo que supone la posibilidad de estudiar el valor taxonómico tanto sobre material antiguo como reciente. En concreto, serán tres los objetivos marcados en este estudio: 1) Descripción de la variabilidad mostrada por los caracteres microestructurales de las células espirales y composición mineralógica del oogonio. 2) Estudio del valor ecológico y filogenético de esta variabilidad y 3) Discusión de los resultados en el marco de la taxonomía actual del grupo.

Material y métodos

El material estudiado consistió en numerosos oogonios correspondientes a diversas especies actuales y fósiles. El actual incluyó oogonios recogidos directamente de las plantas y,

en algún caso, oogonios recolectados en los sedimentos recientes existentes en las áreas en que se muestrearon las poblaciones actuales. La tabla I detalla las especies actuales estudiadas y las localidades correspondientes. A este respecto cabe decir que estas especies, aún habiendo sido consideradas de difícil distinción por algunos autores, pueden reconocerse según observaciones recientes (PROCTOR, 1971; PROCTOR & WIMAN, 1971; GRANT & PROCTOR, 1971), por ello y con la correspondiente prudencia se ha preferido mantener, en la mayor parte de las poblaciones estudiadas la clasificación de CORILLÓN (1957). Con el mismo criterio se ha utilizado el término «affinis» para las especies más dudosas. El material antiguo pertenece a la colección G. Gutiérrez, depositada en el Departamento de Geología de la Universidad de Valencia. Las especies fósiles estudiadas se enumeran también en la misma tabla.

Para la observación de microestructuras se utilizaron las técnicas habituales de microscopía electrónica de barrido (S.E.M.). La preparación del material para la observación consistió en la simple rotura mecánica de las paredes calcificadas, técnica que se eligió después de probar otros procedimientos que no resultaron adecuados. El número de oogonios de cada población observados al S.E.M. fue de 4-5 recogidos al azar entre varios centenares de cada población.

Las pruebas experimentales de cultivo se llevaron a cabo con el fin de comprobar la existencia o no de influencia del ambiente sobre las microestructuras. Ello se realizó mediante el cultivo en acuario de oogonios de las poblaciones en las que previamente se habían analizado dos parámetros de sus medios naturales: la salinidad y la alcalinidad. Por una parte se presentaron ciertas dificultades de interpretación microestructural clara en algunas *secciones*; por otra, algunos cultivos experimentales en los que se habían extremado las condiciones del medio resultaron fallidos. Por ello se prefirió, a la espera de ampliar estas pruebas, escoger los dos cultivos más aptos que fueron los de *Chara* aff. *corfuensis* que presenta calcificación en W y habita en aguas salobres y *Chara fragilis* que presenta una clara disposición estructural en V y habita en aguas dulces. Los parámetros utilizados en estas pruebas (la salinidad y la alcalinidad) son los que al parecer influyen más en la variabilidad morfológica tanto de la parte vegetativa como de la morfología externa del oogonio; ello tanto en poblaciones naturales como en cultivos de laboratorio (Soulié-Märsche, comunicación personal). Por eso, la tendencia de determinadas poblaciones en hábitats característicos aconsejaron en una primera aproximación, como la presente, la comprobación más sencilla con estos parámetros. Por otra parte, la proporción de iones mayoritarios en la composición no parece en principio, tener relación con el cambio de microestructura: por ejemplo, se han observado poblaciones de *C. polycantha* habitando tanto en aguas donde el ión sulfato es el predominante como en aguas donde lo es el ión cloro, sin que se observaran diferencias en sus microestructuras.

Para el estudio de la composición mineralógica de los oogonios se hicieron análisis de difracción de rayos X (método del polvo cristalino). Previamente se separaron con cuidado los diferentes ejemplares y se limpiaron para evitar su contaminación por partes vegetativas de la planta o por partículas extrañas. Con una cantidad suficiente de oogonios calcificados se preparó polvo pasante a una luz de malla de 50 micras, que se depositó sobre un portaobjetos de vidrio impregnado de silicona. Los análisis se realizaron en un difractómetro Siemens D500 y las condiciones de registro difractométrico fueron: 40 Kv, 20 mA, velocidad de barrido 1°- 0.5°/min, velocidad de registro en papel 1cm/min, RM 4×10^2 , CT=1, anchura de rendijas 1°, 1°, 1°, 0.15°, 0.15°, radiación CuK y filtro de Ni. Las lecturas de los registros se corrigieron en relación a los picos de Si puro utilizado como patrón añadido.

Tipos estructurales

La información bibliográfica disponible en relación con la microestructura de los oogonios es imprecisa y corresponde prácticamente en su totalidad a especies fósiles. La tabla II presenta un resumen de estas descripciones paleontológicas que puede ser de gran ayuda para

GENERO	SECCIÓN	SUBSECCIÓN	ESPECIE	EDAD	LOCALIDAD	TIPO DE AGUAS
CHARA	CHARA	CHARA	<i>C. vulgaris</i>	Actual	Lliria (Valencia)	Temporales dulces (sedimento)
			<i>C. aff. muscosa</i>	Actual	Moixent (Valencia)	Permanentes dulces
			<i>c. vulgaris f. longibracteata</i>	Actual	Chulilla (Valencia)	Permanetes dulces
			<i>C. vulgaris f. hispudula</i>	Actual	Pedralba (Valencia)	Permanentes dulces
			<i>C. rabenhorstii</i>	Actual	Llanera Ranés (Val.)	Temporales salobres
		HARTMANIA	<i>C. hispida</i>	Actual	Quesa (Valencia)	Permanentes dulces
			<i>C. sp.</i>	Actual	Alcudia Crespin (Valencia)	Temporales dulces
			<i>C. major</i>	Actual	Bicorp (Valencia)	Permanentes dulces
			<i>C. polyacantha</i>	Actual	Anna (Valencia)	Permanentes dulces
			<i>C. aff. corfuensis</i>	Actual	Peñíscola (Castellón)	Temporales salobres
			<i>C. aculeolata</i>	Actual	Cullera (Valencia)	Permanentes salobres
			<i>C. aff. baltica</i>	Actual	Sagunto (Valencia)	Temporales salobres
			GROVESIA GROVESIA	<i>C. fragilis</i>	Actual	Alcudia Crespins (Valencia)
		<i>C. aff. delicatula</i>		Actual	Pedralba (Valencia)	Permanentes dulces
		<i>C. aff. krausii</i>		Actual	Pedralba (Valencia)	Temporales dulces
<i>C. aspera</i>	Actual	Sagunto (Valencia)		Temporales salobres		
DESVAUXIA DESVAUXIA	<i>C. canescens</i>	Actual	Segovia	Temporales salobres		
LAMPROTHAMNIUM NITELLOPSIS	<i>L. papulosum</i>	Actual	Peñíscola (Castellón)	Temporales salobres		
	<i>N. obtusa</i>	Actual	Aigues Tortes (Lérida)	Permanentes dulces		
POROCHARA		<i>P. globosa</i>	Cretácico	Villalba de la Sierra (Cuenca)		
BHSMOCHARA		<i>B. roblesii</i>	Cretácico	Villalba de la Sierra (Cuenca)		
ACLISTOCHARA		<i>A. sp.</i>	—	—		
TECTOCHARA		<i>T. diluviana</i>	Mioceno	—		
		<i>T. meriani</i>	Mioceno	—		
LAMPROTHAMNIUM		<i>L. priscum</i>	—	—		
HARRISICARA		<i>H. vastiformis</i>	—	—		
PRAECHARA		<i>P. sp.</i>	—	—		
STEPHANOCHARA		<i>S. pinguis</i>	—	Inglaterra		
PECKICHARA		<i>P. caperata</i>	—	—		
		<i>P. sp.</i>	—	—		
SPHAEROCHARA		<i>S. sp.</i>	—	—		
NODOSOCHARA		<i>N. sp.</i>	—	—		
RASKIELLA		<i>R. pecki</i>	—	—		
MAEDLIELL		<i>M. cristellata</i>	—	—		
RANTZIENELLA		<i>R. sp.</i>	—	—		
RHABDOCHARA		<i>R. sp.</i>	—	—		
PECKISPHAERA		<i>P. sp.</i>	—	—		
RETUSOCHARA		<i>R. macrocarpa</i>	—	—		

Tabla I.— Datos generales sobre el material estudiado.

ESPECIE	AUTOR	DATOS
<i>Aclistochara bronsoni</i>	PECK, 1957	Se visualiza en W
<i>Aclistochara brotzenii</i>	HORN AF RANTZIEN, 1954	"Uniformemente laminada"
<i>Aclistochara latisulcata</i>	GRAMBAST, 1962	Se visualiza en W
<i>Amblyochara agathae</i>	KARCZEWSKA y ZIEMINSKA, 1981	"Dos zonas: la interna oscura y fina, la externa clara y tres veces más gruesa. Sin laminación"
<i>Brevichara hordlensis</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	"Laminada en la mitad adaxial, transparente y sin textura visible en la mitad abaxial"
<i>Brevichara</i> sp.	HORN AF RANTZIEN, 1959	Probablemente laminada
<i>Croftiella escheri</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	"Laminada. Bandas de textura y color homogéneas"
<i>Chara delicatula</i>	DAILL, 1969	"Oscuramente laminada y fácilmente fracturada"
<i>Charites molassica</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	"Laminada. Bandas de textura y color homogéneas"
<i>Grovesichara distorta</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	"Laminada. Bandas de textura y color homogéneas"
<i>Harrisichara cretacea</i>	KARCZEWSKA y ZIEMINSKA, 1981	"Dos zonas: la interna oscura y fina, la externa clara y más gruesa"
<i>Harrisichara bisulcata</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	"Laminada en la mitad adaxial y transparente sin textura visible en la mitad abaxial"
<i>Harrisichara vasiformis</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	"Laminada en la mitad adaxial y transparente sin textura visible en la mitad abaxial"
<i>Lamprothamnium</i> sp.	KARCZEWSKA y ZIEMINSKA, 1979	"Estructura en "eventail" por crecimiento preferencial de la calcita a partir de las paredes laterales de las células espirales. La reunión de dos "eventails" dibuja una depresión mediana."
<i>Lychnothamnium</i> sp.	HORN AF RANTZIEN, 1959	"Laminada. Bandas de textura y color homogéneas"
<i>Maedlerisphaera pseudoulmensis</i>	KARCZEWSKA y ZIEMINSKA, 1981	Laminación poco marcada
<i>Mesochara symmetrica</i>	GRAMBAST, 1962	Se visualiza en W
<i>Mongolichara fulgida</i>	KARCZEWSKA y ZIEMINSKA, 1981	"Dos zonas: interna oscura y fibrosa, externa más gruesa, de finos cristales y laminada"
<i>Mongolichara gobica</i>	KARCZEWSKA y ZIEMINSKA, 1981	"Dos zonas: interna oscura y fina de cristales uniformes en tamaño, apretados y perpendiculares a la membrana de la oospora; externa clara, tres o cuatro veces más gruesa y laminada"
<i>Mongolichara grovesioides</i>	KARCZEWSKA y ZIEMINSKA, 1981	"Dos zonas: interna oscura y externa tres veces más gruesa y laminada"
<i>Mongolichara inmatura</i>	KARCZEWSKA y ZIEMINSKA, 1981	"Dos zonas: interna oscura y fibrosa, externa tres veces más gruesa y laminada"
<i>Mongolichara turnani</i>	KARCZEWSKA y ZIEMINSKA, 1981	"Dos zonas: interna oscura de gruesos cristales apretados perpendiculares a la membrana de la oospora, externa laminada"
<i>Musachiella doucensis</i>	FEIST & GRAMBAST-FESSARD, 1984	"Sistema de líneas radiales convergentes, adicionado a la laminación usual. Las líneas parten de las suturas y la pared adaxial, y se dirigen hacia la parte media de la célula espiral."
<i>Musachiella palmeri</i>	FEIST & GRAMBAST-FESSARD, 1984	Igual que la anterior
<i>Peckichara coronata</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	Probablemente laminada
<i>Peckichara praecursoria</i>	KARCZEWSKA y ZIEMINSKA, 1981	"Dos zonas: interna oscura, fina y de textura fibrosa; externa clara, finamente laminada y tres veces más gruesa"
<i>Praechara pseudoglypta</i>	HORN AF RANTZIEN, 1954	"Concentricamente laminada, alternando capas clara y oscuras"
<i>Raskyella peckii</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	Laminada. Bandas de textura y color homogéneo
<i>Rhabdochara kraeuselii</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	Laminada. Bandas de textura y color homogéneo
<i>Rhabdochara langeri</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	Laminada. Bandas de textura y color homogéneo
<i>Sphaerochara latifasciata</i>	GRAMBAST, 1962	Se visualiza en W
<i>Sphaerochara santoni</i>	GRAMBAST, 1962	Se visualiza en W
<i>Sphaerochara verticilata</i>	GRAMBAST, 1962	Se visualiza en W
<i>Stephanochara catelii</i>	KARCZEWSKA y ZIEMINSKA, 1981	Marcada laminación
<i>Stellatochara madleri</i>	HORN AF RANTZIEN, 1954	"Dos capas concéntricas: interna gruesa y con alternancia de bandas oscuras y claras, externa delgada y sin estructura"
<i>Stellatochara sellini</i>	FEIST & GRAMBAST-FESSARD, 1984	Se encuentra una calcificación en "Y" invertida.
	HORN AF RANTZIEN, 1954	Horn af Rantzien le llama estructura laminada.
<i>Tectochara merianii</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	"Laminada en la mitad adaxial y transparente y sin textura visible en la mitad abaxial"
<i>Tectochara paleohungarica</i>	HORN AF RANTZIEN, 1959	Probablemente laminada
<i>Tolypella glomerata</i>	HORN AF RANTZIEN y GRAMBAST, 1962	"No laminada"
<i>Tolypella intricata</i>	HORN AF RANTZIEN y GRAMBAST, 1962	"No laminada"
<i>Tolypella prolifera</i>	HORN AF RANTZIEN y GRAMBAST, 1962	"No laminada"
<i>Tolypella prolifera</i>	DAILY, 1969	"Sin laminación concéntrica. Cristales que comienzan en la pared adaxial y luego se consolidan. Textura cristalina, con facturas ocasionales y sin laminación o zonación"
<i>Tolypella</i> sp.	HORN AF RANTZIEN y GRAMBAST, 1962	"No laminada. Una capa regular de cristales dispuestos en orientación anticlinal"
<i>Tolypella stipitata</i>	HORN AF RANTZIEN y GRAMBAST, 1962	No laminada

intentar una primera clasificación de los tipos microestructurales. Según nuestra interpretación podrían reconocerse dos tipos generales de microestructura que, tal como ha podido constatare, aparecen también en carófitos actuales. La nomenclatura que se propone a continuación no tiene más fundamento que la simple apariencia de las secciones transversales de las células espirales.

-Calcificación en «V»

Las secciones de las células espirales de los oogonios de algunas poblaciones actuales muestran, al microscopio electrónico, una original y constante disposición de cristales que nuclean preferentemente en la base del lumen de las células y parten hacia la superficie exterior formando fascículos compactos estructurados como semiesférulas (Lám. I, fig. 1; Láms. II y VII). Diferentes secciones observadas recuerdan a la estructura prismática esferulítica característica del esqueleto de algunos invertebrados (TAYLOR & al., 1969; CARTER, 1980). La observación de las paredes laterales en diferentes posiciones permite observar una matriz orgánica con numerosos microtúbulos que parten precisamente de estas paredes (Lám. VI). El material recogido en los sedimentos sobre los que viven estas poblaciones, muestra, conforme aumenta la profundidad, una progresiva disgregación de estos fascículos en bandas paralelas, a su vez divididas en bandas menores (Láms. III, IV, y V). El fenómeno podría tener que ver con el tiempo de exposición a los efectos de las primeras etapas de la diagénesis.

La enumeración detallada de las poblaciones en las que se observa o supone esta microestructura se ofrece en la tabla III. Se trata de la totalidad de las especies estudiadas en las subsecciones *Chara* y *Grovesia* y de una (*Chara hispida* f. indet.) de la subsección *Hartmania*. Habría que añadir que, en este último caso, al igual que en la mayoría de las especies fósiles, la existencia de esta microestructura se ha supuesto al observar exclusivamente las bandas que parecen caracterizar su diagénesis. Aunque en el segundo tipo microestructural («W») no se han observado nunca bandas debe de reconocerse que sobre esta interpretación pesa bastante incertidumbre. Una estructura semejante podría suponerse en algunas especies fósiles como *Tectochara meriani* (Lám. VIII) especie estudiada directamente. En ella unas veces se observan bandas y otras se perciben fascículos típicos.

-Calcificación en «W»

Un segundo tipo general de microestructura ha podido ser observado, con más o menos claridad, en oogonios actuales correspondientes a casi todas las especies estudiadas en el género *Lamprothamnium* y en las especies de la subsección *Hartmania* del género *Chara* (Tabla III). En este tipo los cristales nuclean preferentemente en la cara interna de las paredes laterales de las células y se dirigen hacia su línea media (Lám. I, fig. 2 y Lám. IX). La estructura parece seguir la misma tendencia que el tipo anterior, recordando un tipo prismático esferulítico, aunque quizás de más difícil interpretación. La observación al microscopio electrónico de oogonios actuales en los que previamente se había disuelto el carbonato cálcico de las células espirales muestra un sistema de capas orgánicas que hace suponer un crecimiento cristalino sujeto a ciclos periódicos. Estas capas orgánicas se asemejan a las descritas en los cistolitos de algunas plantas superiores (ARNOTT, 1982). Entre los ejemplares recogidos de las plantas vivas y de los correspondientes sedimentos no se observó ninguna diferencia. En el material sedimentario no se encontraron indicios de laminación, pudiendo ello deberse a características estructurales, a la estabilidad frente a la disolución o, simplemente, a la poca agresividad del ambiente diagenético que soportaron los ejemplares estudiados. Esta última probabilidad parece la menos probable dada la coexistencia de táxones diferentes con microestructuras en W inalteradas junto a microestructuras en V laminadas.

Respecto a referencias bibliográficas, son diversas las que cabe relacionar con esta

SUBSECCIÓN	ESPECIE	MICROESTRUCTURA	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA
CHARA	<i>Chara vulgaris</i>	V?	C
	<i>Chara aff. muscosa</i>	V?	—
	<i>Chara vulgaris f. longibracteata</i>	V?	—
	<i>Chara vulgaris f. hispidula</i>	V	CMg
	<i>Chara rabenhorstii</i>	V?	—
HARTMANIA	<i>Chara hispida</i>	?	C
	<i>Chara sp.</i>	Vb	C
	<i>Chara major</i>	W	C
	<i>Chara polyacantha</i>	W	C
	<i>Chara corfuensis</i>	W	C?, A
	<i>Chara aculeolata</i>	W	C
	<i>Chara aff. baltica</i>	W	C
GROVESIA	<i>Chara fragilis</i>	V	CMg, A
	<i>Chara aff. delicatula</i>	V	CMg, A, V, C, WD, WW, CM
	<i>Chara aff. krausii</i>	V	CMg, A
	<i>Chara aspera</i>	V?	A
DESVAXIA	<i>Chara canescens</i>	W?	—
	<i>Lamprothamnium papulosum</i>	W	—
	<i>Nitellopsis obtusa</i>	Vb	—
Fósiles	<i>Porochara globosa</i>	W	C, A?
	<i>Bysmochara roblei</i>	V?	—
	<i>Aclistochara sp.</i>	W	—
	<i>Tectochara diluviana</i>	Vb	—
	<i>Tectochara meriani</i>	Vb	—
	<i>Lamprothamnium priscum</i>	W	—
	<i>Harrisichara vasiformis</i>	Vb	—
	<i>Praechara sp.</i>	V?	—
	<i>Stephanochara pinguis</i>	V?	—
	<i>Pechichara caperata</i>	V?	C
	<i>Pechichara sp.</i>	V?	—
	<i>Sphaerochara sp.</i>	?	—
	<i>Nodosochara sp.</i>	?	—
	<i>Raskiella pecki</i>	V?	—
	<i>Maedliella cristellata</i>	?	C
	<i>Rantzenella sp.</i>	Vb	C, A
	<i>Rhabdochara sp.</i>	?	C
<i>Peckisphaera sp.</i>	W?	C	
<i>Retusochara macrocarpa</i>	W?	C	

Tabla III.— Microestructura y composición mineralógica de los oogonios de las especies estudiadas. Interpretación de símbolos:

V: (microestructura en V); W: (microestructura en W); V?: (microestructura en V probable); W?: (microestructura en W probable); ?: (sin tipo microestructural reconocible); Vb: (microestructura en V probable por la observación de bandas); CMg: (calcita magnesiana); C: (calcita no magnesiana); CM: (calcita monohidrato); A: (aragonito); V: (vaterita); Wd: (wheddelita); WW: (whewelita).

microestructura. Sería el caso de las estructuras «en éventail» (SOULIE-MÄRSCHÉ, 1979), en «Y» invertida (FEIST & GRAMBAST-FESSARD, 1984) o en W (PEDROLA, 1985), todas las cuales tienen en común el presentar los cristales de calcita dispuestos de forma anticlinal entre las paredes laterales de las células espirales. Las descripciones más interesantes que aparecen en la bibliografía, son las de SOULIE-MÄRSCHÉ (1979) en *Lamprothamnium* y FEIST & GRAMBAST-FESSARD (op. cit.) en *Musachiella doucensis* y *Stellatochara sellingi*. En todos los casos se trata de material paleontológico.

Composición mineralógica

La composición mineralógica de los oogonios ha sido estudiada en distintas especies actuales del género *Chara* que se sitúan dentro de las secciones *Grovesia* y *Chara*, y, en este segundo caso, dentro de las subsecciones *Chara* y *Hartmania*. Asimismo fueron estudiados ejemplares pertenecientes a algunas especies fósiles. Los resultados de los correspondientes análisis aparecen en la tabla III y señalan la existencia de diferencias interesantes entre táxones. A grandes rasgos puede decirse que los dos tipos microestructurales descritos vienen a coincidir con dos composiciones mineralógicas, sino particulares, si preferentes. Así, la calcita no magnesiana es prácticamente el único componente encontrado en los oogonios que mostraban estructuras W y la calcita magnesiana junto al aragonito y algunos otros compuestos es el componente preferente de las estructuras en V.

Como fases minerales predominantes se han reconocido calcita (diferenciándose, calcita y calcita magnesiana) y aragonito. La calcita se ha caracterizado por su espaciado $d_{104} = 3.02 \text{ \AA}$ frente a $d_{104} = 2.98 \text{ \AA}$ de la calcita magnesiana.

En especímenes de *Chara* aff. *delicatula*, se presenta una composición mineralógica compleja, en la cual junto a los espaciados característicos de calcita magnesiana y aragonito se han reconocido también espaciados atribuibles a fases acompañantes (calcita, vaterita, whevelita y monohidrocalcita). La identificación de vaterita se ha basado en la existencia de las reflexiones de 4.26 É, 3.58 É, 3.30 É, 2.73 É y 2.06 É (ficha 13-192, de la Joint Commite on Power diffraction standars- en adelante JCPDS, 1974). A whevelita se han atribuido los espaciados 5.96 É, y 5.73 É (ficha 20-192, JCPDS, op. cit.); a weddelita, se han atribuido los de 3.91 É, 3.66 É y 2.77 É (ficha 17-541, JCPDS, op. cit.) correspondiendo probablemente a monohidrocalcita las de 4.32 É y 5.28 É (LIPPMAN, 1959 y 1973).

La medición de los espaciados para las fases referidas puede considerarse como suficientemente precisa al haberse introducido silicio como patrón añadido y haberse comprobado los efectos de baja intensidad con mayores sensibilidades. La cuantía de las fases acompañantes así como el tipo de preparación (en silicona y con muestra relativamente escasa), la posible orientación preferencial y la superposición del fondo debido a la matriz orgánica acompañante y a la silicona, pueden afectar a las intensidades relativas.

En la figura 1 pueden observarse los difractogramas correspondientes a las composiciones de mayor y menor complejidad.

Entendemos que, sin entrar en mayores precisiones por el momento, los datos aportados pueden considerarse muy relevantes por cuanto hasta el momento únicamente se había señalado la presencia de calcita como constituyente mineral en el grupo de los carófitos; ello podría proceder de que en la mayoría de los casos se analizaron elementos vegetativos (BOROWITZKA & al., 1974; FLAJS, 1977; PENTECOST, 1980); sin embargo, DAILY (1975), refiriéndose concretamente a oogonios de *Chara globularis* (= *C. fragilis*), únicamente reconoció calcita. Por otra parte, en un interesante trabajo, DYCK (1970) en el que se realizan estudios de difracción de Rayos X con *Nitella* sp., *Tolypella intricata*, *Chara zeylanica*, *Chara hornemanni* (células vegetativas en esta última sólo), encuentra calcita para todas las especies excepto en *Tolypella intricata* que muestra una segunda composición de dolomita. En este trabajo se cita textualmente «No indication of the calcium carbonate, aragonite, was observed».

En estas condiciones, el reconocimiento de una composición predominantemente aragónica en *Chara aspera* puede considerarse una interesante aportación.

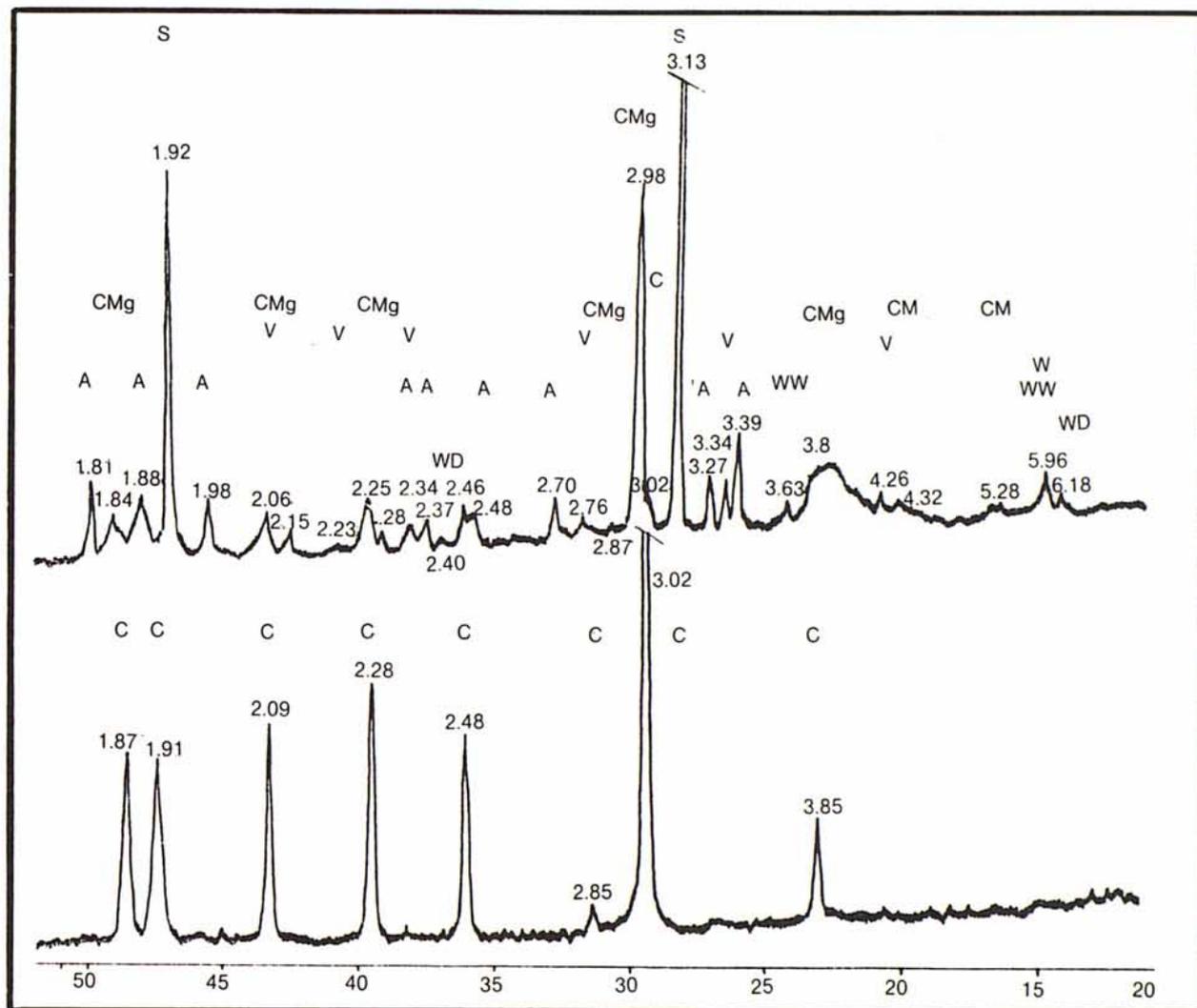


Fig. 1. — Difractogramas correspondientes a la composición mineralógica de *Chara polyacantha* (abajo), consistente en calcita no magnesiana y de *Chara aff. delicatula* (arriba), consistente en calcita magnesiana, aragonito, vaterita, calcita, wheddelita, whewelita y calcita monohidrato. Las abreviaturas son las de la Tabla III. Los símbolos son los mismos que los de la Tabla III.

Relaciones ecológicas

Con carácter general, una valoración rigurosa de cualquier carácter taxonómico pasa por su consideración desde el punto de vista de su dependencia del ambiente. En el caso de los dos caracteres examinados aquí, pueden resultar de interés algunos datos que pasamos a exponer.

En primer lugar cabe decir que, a pesar de la coincidencia frecuente entre táxones cuyos oogonios presentaron microestructuras en W y los ambientes o paleoambientes salobres (*Lamprothamnium*, *Musachiella*, *Chara aculeolata*, *Chara aff. corfuensis*, etc.) no parece existir una correspondencia general entre esta microestructura y las referidas condiciones de salinidad. Algunas especies (p. e. *Chara major*) que calcifican en W son típicas de aguas de escasa salinidad. Por otra parte, y aunque la estructura en V pueda resultar común entre las especies más halófilas (*Chara fragilis* y *Chara delicatula*) no resultan infrecuentes las

especies con tal microestructura habitando aguas salobres (por ej.: *Chara aspera* y *Chara vulgaris*).

En segundo lugar cabe referir los resultados encontrados en pruebas experimentales de cultivo en laboratorio. Tales pruebas se hicieron con *Chara* aff. *corfuensis* y con *Chara fragilis*, y consistieron en comparar los caracteres microestructurales de los oogonios de poblaciones naturales con los de sucesivas generaciones cultivadas en condiciones de salinidad diferentes a las naturales. Concretamente para *Chara* aff. *corfuensis* la salinidad se bajó de 6‰ a 0.01‰ y la alcalinidad se redujo de 7.536 meq/l. a 1.633 meq/l. y para *Chara fragilis* la salinidad se elevó de 0.01‰ a 0.80‰ y la alcalinidad de 3.375 meq/l. a 12.595 meq/l. En ambas especies, como resumen de resultados se encontró que las microestructuras de las generaciones cultivadas en condiciones no naturales resultaron indistinguibles de las correspondientes a las poblaciones naturales. Sin ser pruebas concluyentes, por su parcialidad, estos datos parecen apoyar el carácter conservativo de las microestructuras ante las variaciones ambientales y, con ello, la hipótesis de que las diferentes microestructuras se encontrarían bajo control genético. Las relaciones con el ambiente, por tanto, no parecen tener que ver con el moldeado directo durante el desarrollo de la planta, sino que, a lo sumo, se relacionarían con adaptaciones.

Ciertamente la evaluación de la carga adaptativa de este carácter sería fundamental para su discusión taxonómica. Lamentablemente esta evaluación no puede hacerse por ahora y sólo la probable ausencia de moldeado ambiental puede ser considerada en apoyo de su utilidad taxonómica.

En relación con la composición mineralógica no es posible reconocer ninguna relación general clara entre tipos de composición y condiciones ambientales, al menos en lo referente a la salinidad. Así, la composición calcítica no magnesiana aparece tanto en especies típicas de aguas dulces (p. e. *C. hispida* o *C. major*) como en aguas salobres (p. e. *C. aculeolata* o *C. aff. baltica*.) Por otra parte y si bien es cierto que la calcita magnesiana sólo se ha encontrado en formas de aguas dulces, también lo es que sólo ha podido examinarse una especie de ambientes salobres en las subsecciones en las cuales aparece esta composición. No existiendo datos, por el momento, sobre pruebas experimentales de cultivo bajo condiciones modificadas, no es posible dar ninguna opinión más precisa sobre las relaciones ecológicas de este carácter.

Aspectos filogenéticos

En una primera aproximación al valor filogenético de los caracteres tratados se han superpuesto los datos sobre microestructura y composición mineralógica de los oogonios al esquema filogenético de los carófitos propuesto por SOULIÉ-MÄRSCHÉ (1979) y PROCTOR (1980) (Fig. 2). Se encuentra así una cierta correlación entre grupos evolutivos y caracteres. Considerando los tipos microestructurales, cabe decir que, en general, según referencias bibliográficas y observaciones propias, se aprecia una importante uniformidad de tipos en casi todas las líneas evolutivas. Las excepciones se sitúan en el género *Chara*, dentro del cual las subsecciones se muestran diferentes entre ellas (microestructuras W y V en *Hartmania*; probablemente W en *Desvauxia* y V en *Chara* y *Grovesia*) aunque relativamente homogéneas (sólo *Hartmania* muestra los dos tipos microestructurales). En relación con la composición mineralógica, carácter sólo conocido en el género *Chara* y algunas especies fósiles, cabe hablar también de cierta uniformidad dentro de las distintas líneas, con un comportamiento dentro del género *Chara* equivalente al seguido por la microestructura. Así, por una parte, la calcita no magnesiana se muestra como composición casi constante dentro de la subsección *Hartmania*, mientras que la calcita magnesiana -a menudo acompañada de otros componentes mineralógicos- es predominante en la subsección *Grovesia* y en la subsección *Chara*, casos ambos donde la aparición de la calcita no magnesiana en una especie crea una discrepancia importante.

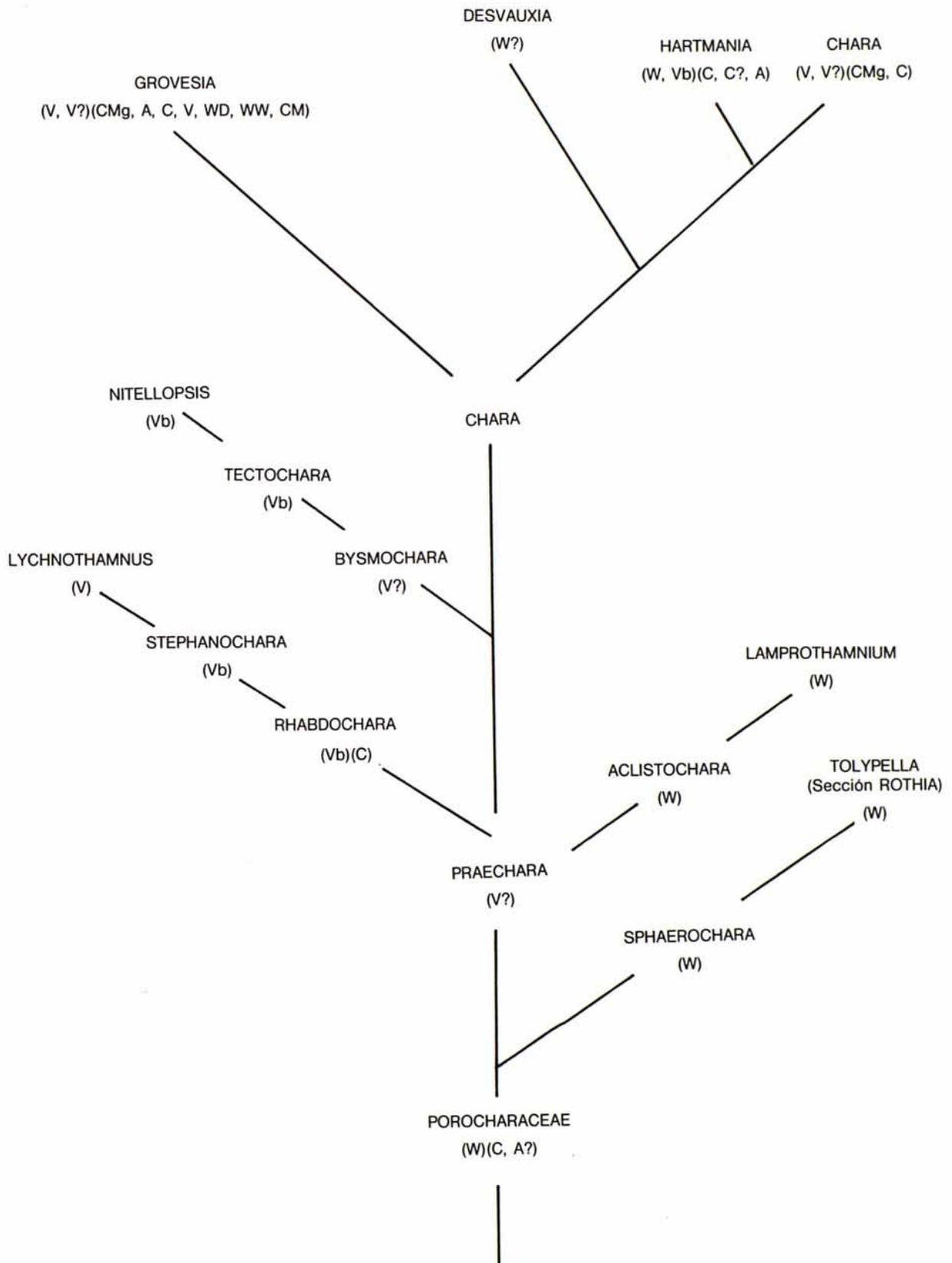


Fig. 2.— Superposición de los resultados generales (propios y bibliográficos) de microestructuras y composiciones mineralógicas sobre el esquema filogenético de los carófitos propuestos por Soulié-Marsche (1979) y Proctor (1980) (modificado).

En resumen, y considerando ambos caracteres, podría hablarse de una cierta tendencia a la asociación de las modalidades microestructurales W y V con las composiciones calcita y calcita magnesiana, respectivamente.

Un segundo aspecto que se ha de tratar en este grupo de consideraciones previas es el primitivismo de las modalidades de los caracteres. No es fácil dar una respuesta concluyente en relación con esta cuestión. Observemos primero las microestructuras: el género *Praechara* se ha considerado representante de las formas transitorias entre las familias *Porocaraceae* y *Characeae*. Por referencias bibliográficas y propias se sabe que, al menos en las especies estudiadas, las porocaráceas poseen microestructuras en W, mientras que en *Praechara* la microestructura es, probablemente, en V al igual que muchas especies de la familia *Characeae* (Género *Chara*, subsecciones *Chara* y *Grovesia*). La, hasta aquí, congruente interpretación de la microestructura W como tipo primitivo frente a la V se encuentra con una objeción importante: dentro de un género que se supone evolucionado (*Chara*), dos subsecciones (*Hartmania* y *Desvauxia*) presentan el tipo primitivo. Aparece así un nuevo problema, dentro del cual la naturalidad del género *Chara* y el valor evolutivo de los caracteres microestructurales podrían aparecer como hipótesis alternativas. Considerando ahora la composición mineralógica cabe hacer dos puntualizaciones previas. Primero, que los análisis de especies antiguas disponibles son insuficientes para alcanzar una idea clara sobre el primitivismo de una u otra composición. Por otra parte, que la diagénesis, pudiendo afectar de modo distinto a los diferentes tipos de composición a través de su estabilidad, introduce un importante factor de inseguridad a la hora de interpretar el material fósil. Con estas limitaciones, podría admitirse la composición calcítica magnesiana como un tipo evolucionado, dada su aparición en un género reciente (*Chara*) y su inexistencia en todos los táxones antiguos estudiados. Lo dicho hasta ahora no puede tener peso resolutorio a la hora de estudiar el valor filogenético de los caracteres considerados. Para ello, sería necesaria una discusión de estos caracteres en sí mismos, desde el punto de vista evolutivo, cosa que por el momento es difícil.

Conclusiones

A la vista de los resultados presentados hasta aquí cabe hacer algunas consideraciones generales de interés. En primer lugar y en lo relativo a la microestructura del oogonio, diremos que parece tratarse de un carácter conservativo a nivel de población y probablemente en otros niveles taxonómicos superiores difíciles de precisar, por ahora, con los datos disponibles, aunque es evidente una tendencia a la homogeneidad dentro de las líneas filogenéticas principales. Una sencilla prueba experimental de cultivo bajo condiciones variables parece apuntar más hacia el estricto control genético que hacia su moldeado directo por las condiciones ambientales. No es fácil, por otra parte, determinar cuál es la carga adaptativa de este carácter, lo que hace difícil abordar una valoración rigurosa desde el punto de vista evolutivo. Todo ello sugiere la posibilidad de conceder a este carácter un valor taxonómico elevado. Esta posibilidad, además, coincide con las conclusiones de DYCK & MANYAK, (1989) en un estudio efectuado referente al valor taxonómico de las paredes orgánicas de las oosporas. Asimismo, y como consecuencia de ello, pueden ser realizadas algunas consideraciones que, aun no siendo objetivo de nuestro trabajo, puede ser interesante avanzar. Sería el caso de la necesidad de reconsiderar la naturalidad del género *Chara* o de las posibilidades de mantener afirmaciones tales como la de SOULIE-MÄRSCHÉ (1979) al considerar al género *Lamprothamnium* como alejado filogenéticamente del género *Chara* por la existencia en aquel de una microestructura en W junto a otro carácter observado también frecuentemente en el género *Chara* (depresión central de las células espirales).

En lo referente a la composición mineralógica la discusión puede ser más difícil dado el comportamiento menos claro de sus modalidades entre los distintos grupos de la clasificación. Diversas discrepancias harían difícil el intento de caracterizar cualquier grupo por una

composición mineralógica determinada aun aceptando la tendencia a concentrarse composiciones diferentes a la calcita magnesiana en determinados grupos (p. e. en la sección *Grovesia*). Con independencia de ello, la aparición de elementos mineralógicos tales como la vaterita, whewelita y el aragonito debe de considerarse sumamente interesante, ya que no sólo se trata de una observación original sino que, por tratarse de elementos típicos de las plantas superiores (LOWENSTAM, 1981) constituye un apoyo más al criterio que considera los carófitos como una Clase autónoma, y quizás de enlace entre clorófitos y traqueófitos (CACERES & COCUCI, 1977; SLUIMAN, 1985).

Bibliografía

- ARNOTT, H. J. (1982). Three systems of biomineralization. In U. NANCOLLAS (ed.) Biological mineralization and desmineralization, pp. 199-218.
- BOROWITZKA, M. A., A. W. D. LARKUM & C. E. NOCKOLDS (1974). A scanning electron microscope study of the structure and organization of the calcium carbonate deposits of algae. *Phycologia* 13(3): 195-203.
- CACERES, E. J. & A. E. COCUCI (1977). Observaciones ultrestructurales en oogonios de *Chara*. *Kurtziana* 10: 77-82.
- CARTER, J. (1980). Guide to bivalve shell microstructures. In RHOADS, D. C. & R. A. LUTZ (eds.) A skeletal growth of aquatic organisms. Plenum Press, pp. 645-673.
- CORILLON, R. (1957). Les Charophycées de France et d'Europe Occidentale. Travaux du Laboratoire de Botanique. Fascicules 2 et 12. Angers. Reimpresión (1972) Otto Koeltz Verlag. pp. 449.
- DAILY, F. K. (1969). Some late glacial Charophytes compared to modern species. *Proc. Indiana Acad. Sci.* 78: 406-412.
- DAILY, F. K. (1975). A note concerning calcium carbonate deposits in Charophytes. *Phycologia* 14(4): 331-332.
- DYCK, L. (1970). Morphological, chemical and developmental studies of *Chara* oosporangial walls. Ph. D. Thesis. Washington University. 145 pp.
- DYCK, L. & K.E. MANYAK (1989) Phylogenetic information in the walls of oospores and gyrogonites. First International Symposium on Extant and Fossil Charophytes. Montpellier. «Proceeding abstracts».
- FEIST, M. & N. GRAMBAST-FESSARD (1984). New Porocharaceae from the Bathonian of Europe: Phylogeny and Paleoecology. *Paleontology* 27(2): 295-305.
- FLAJS, G. (1977). Skeletal structures of some calcifying algae. In E. FLÜGEL (ed.) Fossil algae. Springer-Verlag, pp. 225-231.
- GRAMBAST, L. (1962) Classification de l'embranchement des Charophytes. *Natur. Monspel. Bot.* 14: 63-86.
- GRANT, M. C. & V. W. PROCTOR (1981). *Chara vulgaris* and *C. contraria*: patterns of reproductive isolation for two cosmopolitan species complexes. *Evolution* 26: 267-281.
- HORN AF RANTZIEN, H. (1954). Middle triassic Charophyta of south Sweden. *Opera Bot.* 1(2): 1-83.
- HORN AF RANTZIEN, H. (1959). Recent Charophyte fructifications and their relations to fossil Charophyte gyrogonites. *K. Svenska Vet. Akd. Arkiv. Bot.* 4(7): 165-332.
- HORN AF RANTZIEN, H. & L. GRAMBAST (1962). Some questions concerning recent and fossil Charophyte morphology and nomenclature. *Stockolm. Contrib. Geol.* 4: 45-197.
- JOINT COMMITTEE ON POWDER DIFFRACTION STANDARDS (1974). Selected powder diffraction data for minerals. Data book. Publication DBM 1-23. Swarthmore, Pennsylvania.
- KARCZEWSKA, J. & M. ZIEMINSKA-TWORZYDLO (1981). New upper Cretaceous Charophyta from the Nemegt Basin, Gobi Desert. *Paleontologie Polonica* 42: 97-146.
- LIPPMAN, F. (1959). Darstellung und Kristallographische Eigenschaften von $\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. *Naturwissenschaften* 46: 553-554.
- LIPPMAN, F. (1973). Sedimentary carbonate minerals. Springer-Verlag. 229 pp. Berlin.
- LOWENSTAM, H. A. (1981). Minerals formed by organisms. *Science* 211(13): 1126-1131.

- PEDROLA, J. (1985). Some aspects of microstructure of the calcareous shell related to the ecology and phylogeny of modern and fossil Charophytes. Systematic Association Symposium: Biomineralization in lower plants and animals. (en prensa).
- PEDROLA, J. & J. D. ACUÑA (1986). Algunos aspectos relativos a la variabilidad de los oogonios en poblaciones actuales del género *Chara* (Charophyceae). Aplicación paleontológica. Estudios geol. 42:341-348.
- PECK, R. E. (1957). North American Mesozoic Charophyta. Geol. Survey Professional paper 294-A: 1-52.
- PENTECOST, A. (1980). Calcification in plants. Inter. Rev. Cytol. 62: 1-27.
- PROCTOR, V. W. (1971). *Chara globularis* Thuiller (= *C. fragilis* Desvaux): Breeding patterns within a cosmopolitan complex. Limnology and Oceanography 16(2): 422-435.
- PROCTOR, V. W. (1980). Historical biogeography of *Chara* (Charophyta): An appraisal of the Braun-Wood Classification plus a falsifiable alternative for future consideration. J. Phycol. 16: 218-233.
- PROCTOR, V. W. & F. H. WIMAN (1971). An experimental approach to the systematics of the monoecious conjoined members of the genus *Chara*, series *Gymnobasalia*. Amer. J. Bot. 58(10): 885-893.
- SLUIMAN, H.J. (1985). Comparative studies on the ultrastructure, phylogeny and classification of green algae. Vrije Universiteit. Amsterdam. pp. 155.
- SOÛLIÉ-MÄRSCHÉ, L. (1979). Origine et évolution des genres actuels des Characeae. Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine 3(2):821-831.
- TAYLOR, J. D., W. J. KENNEDY & A. HALL (1969). The shell structure and mineralogy of the Bivalvia. Bull. British Museum (Nat. Hist.) pp. 125.

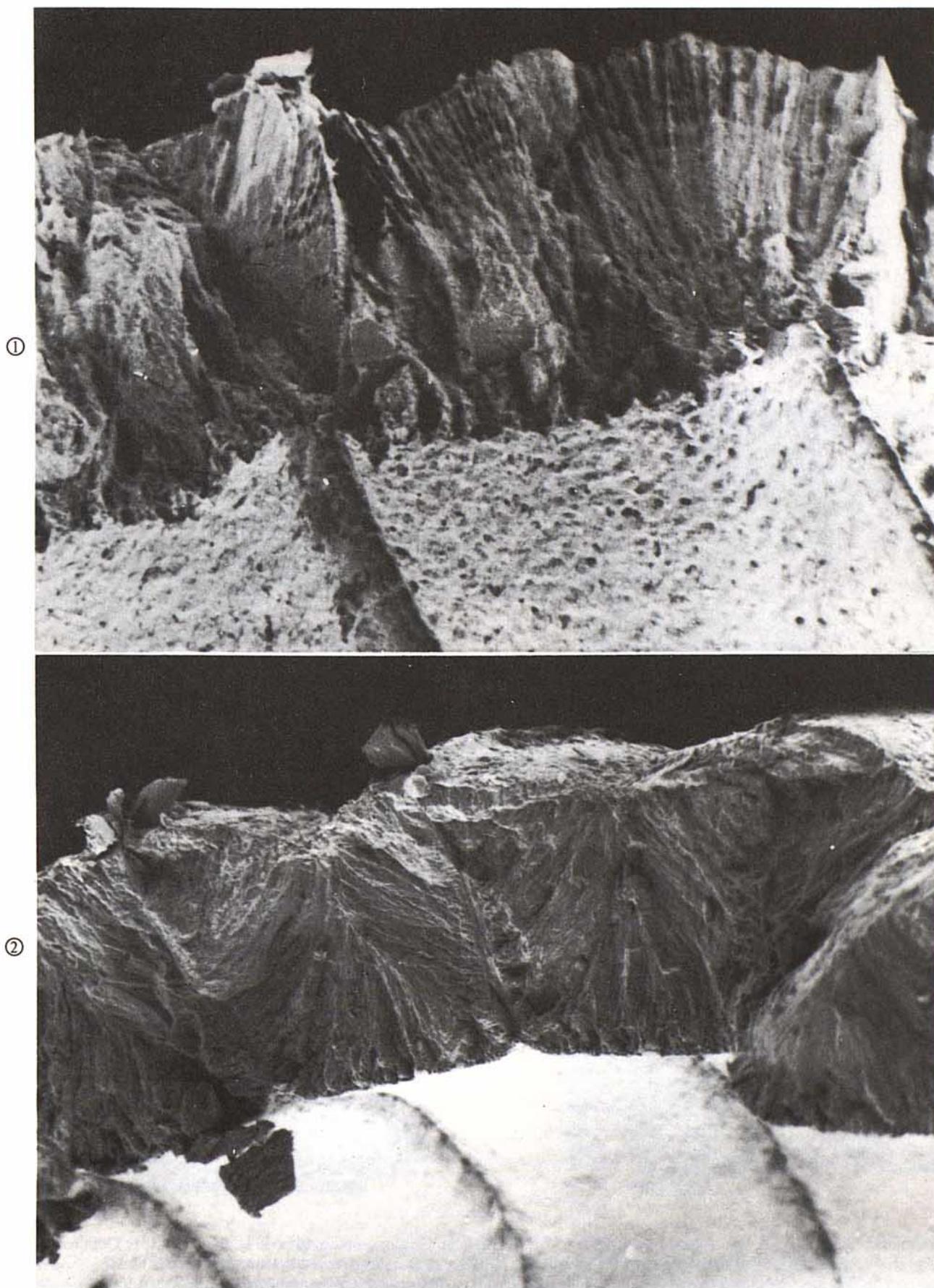


Lámina I. — 1) Detalle del corte transversal de las células espirales del oogonio de *Chara fragilis*. Liria (Valencia). Sedimento. 1000 X; 2) Detalle de la misma orientación, en este caso, en *Chara aculeolata*: Cullera (Valencia). 450 X.
(c) Consejo Superior de Investigaciones Científicas <http://collectaneabotanica.revistas.csic.es>
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

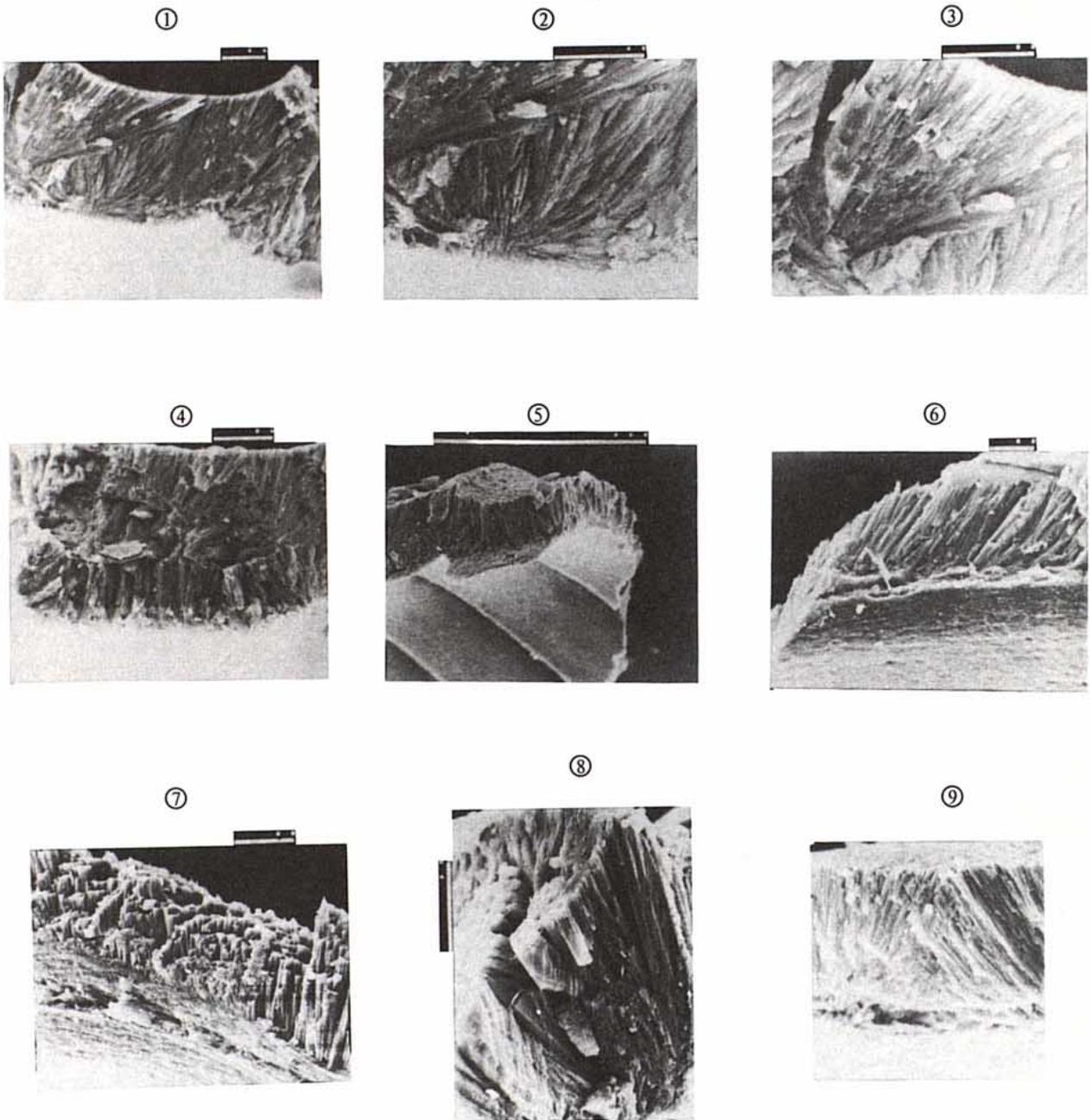


Lámina II. — Calcificación en V de *Chara fragilis*. (Lliria) Valencia. Oogonios recogidos de la planta viva. 1) Detalle del corte transversal. 1500 X; 2) Detalle anterior ampliado. 3000 X; 3) Detalle de un fascículo 3000 X; 4) Corte de otro oogonio del mismo taxón. 2000 X; 5) Detalle general de la célula calcificada adyacente a la de la figura 4. 700 X; 6) Detalle anterior en el lado longitudinal de la célula espiral. 1500 X; 7) Detalle de los fascículos. 2000 X; 8) Detalle anterior ampliado. 3000 X; 9) Detalle de otra célula calcificada. 1000 X.

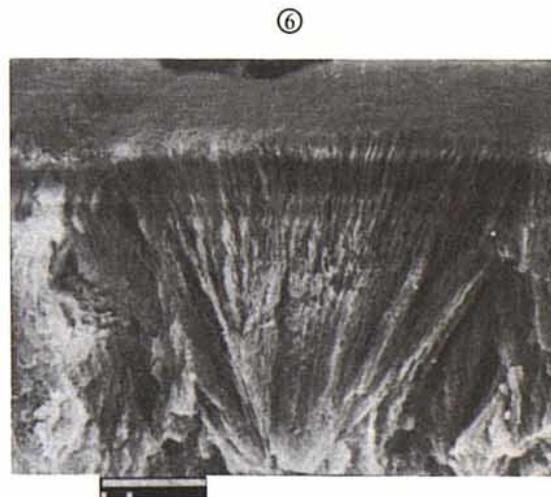
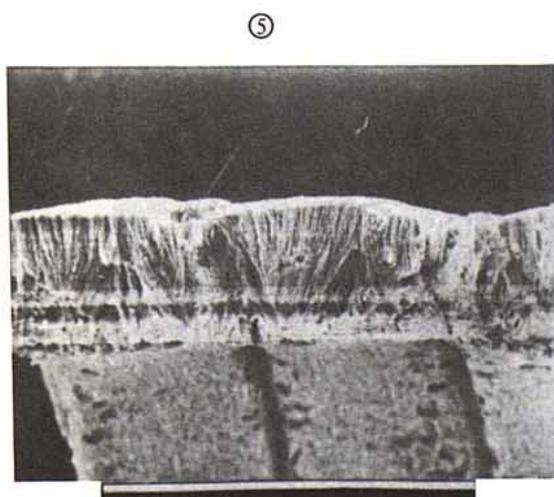
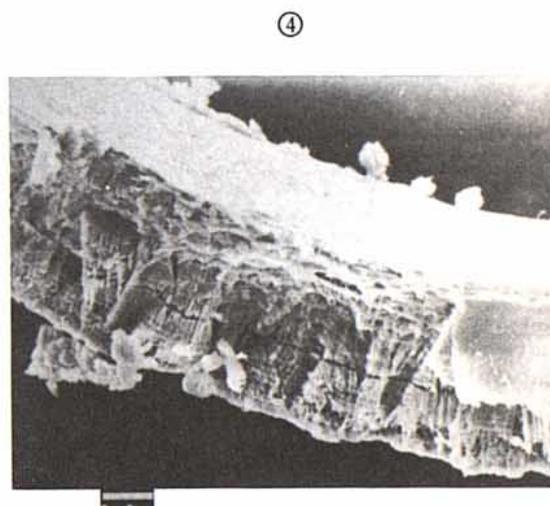
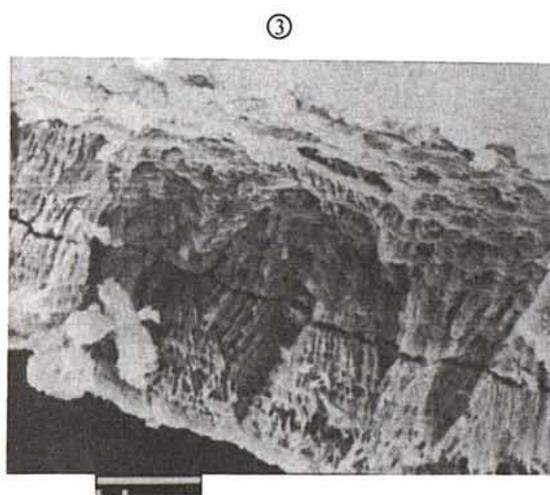
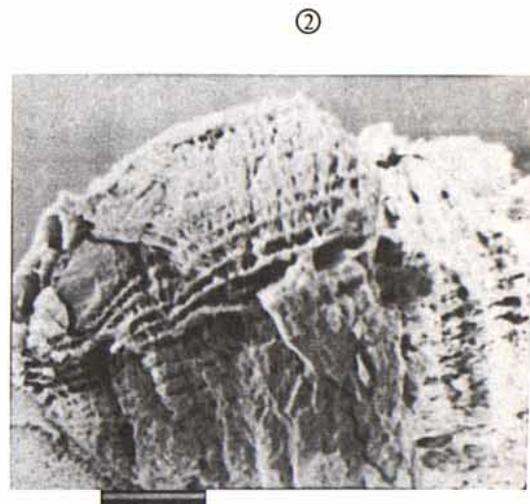
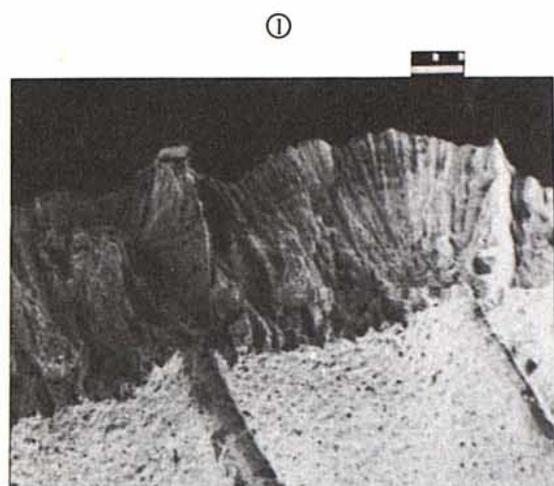
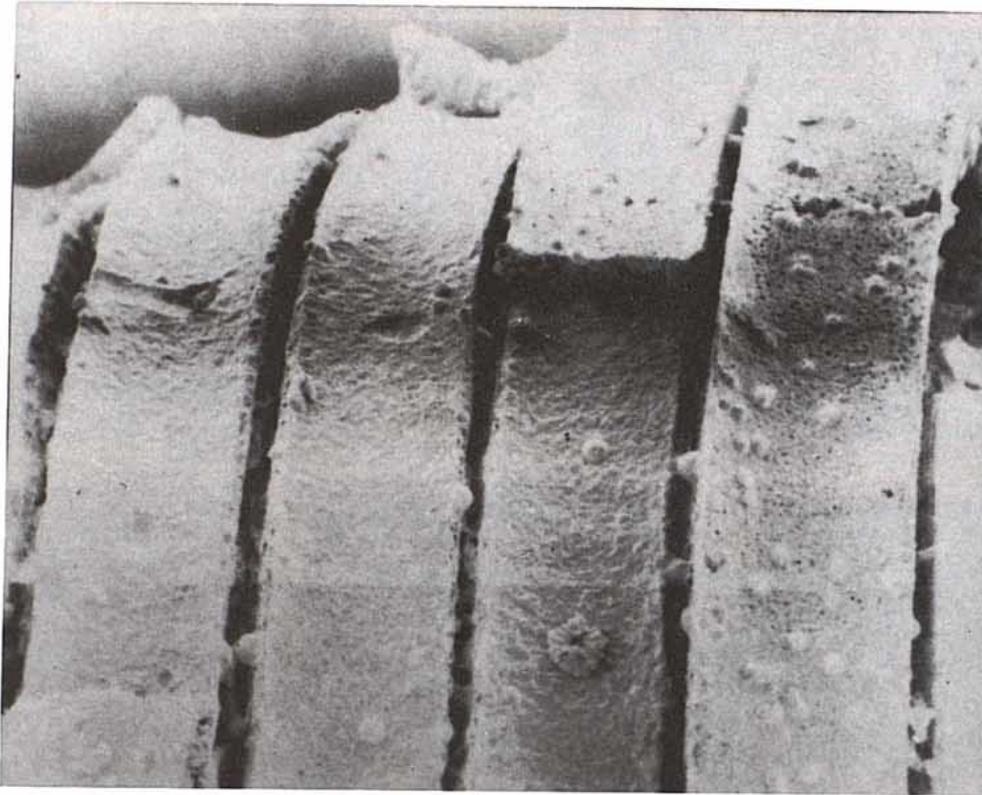


Lámina III. — Estudio comparativo de *Chara fragilis*. Alcudia Crespins. (Valencia). Recogida del sedimento (1, 2, 3, 4) y de la planta viva (5, 6). 1) Detalle de un corte transversal. 1000 X; 2) Detalle anterior ampliado. 2000 X; 3) Vista general de la pared lateral longitudinal de la célula espiral. 1000 X; 4) Detalle anterior ampliado. 1500 X; 5) Vista general oogonio de la planta viva. Las rayas son defecto fotográfico. 700 X; 6) Detalle ampliado de un fascículo en "V" de la figura 5. 1500 X.

①



②

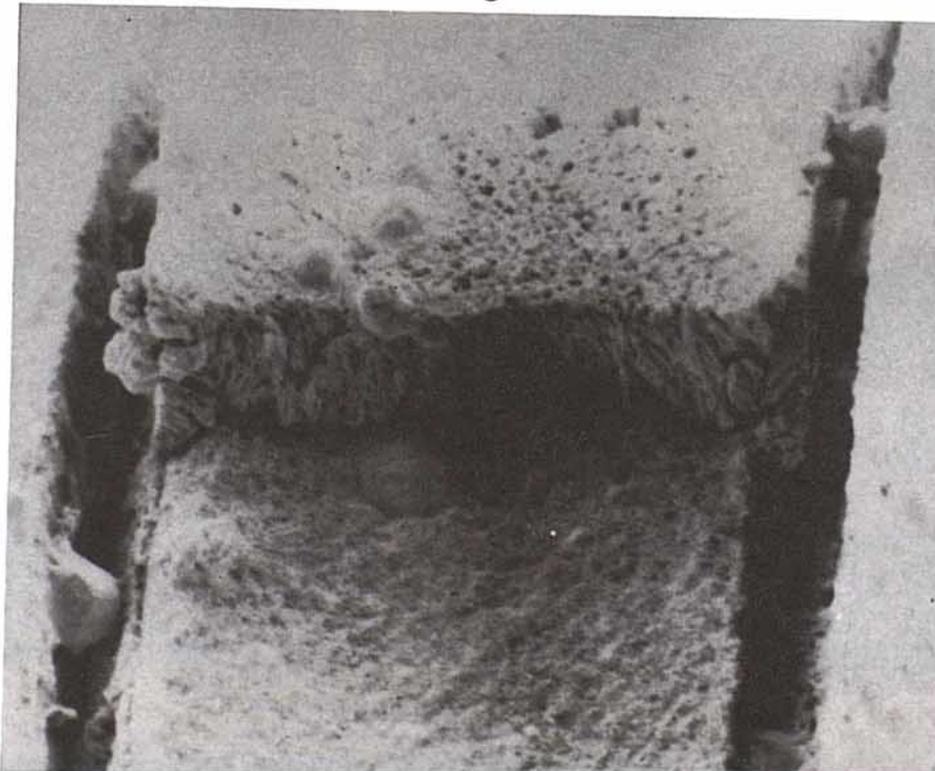
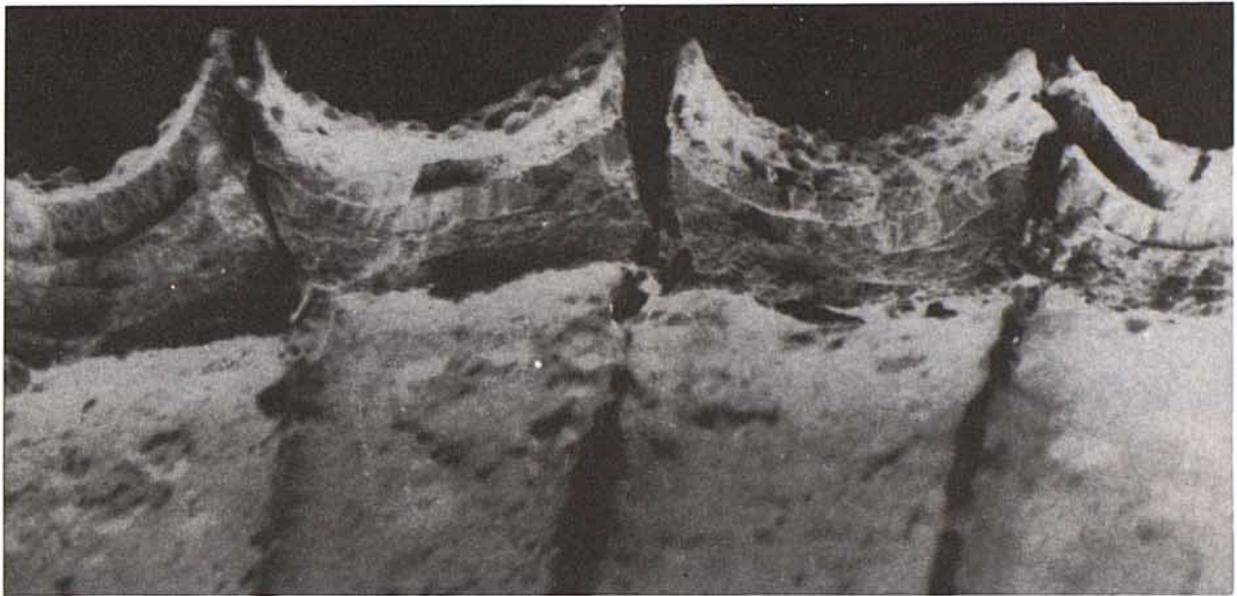


Lámina IV. — Morfología de la alteración en bandas de la microestructura en “V” de *C. aff. delicatula*. Pedralba. (Valencia). Recogidos del sedimento. 1) Bandas exteriores de las células espirales del oogonio. Una esferula aparece al romperse una de estas bandas. 1000 X; 2) Detalle de la microestructura esferulítica de una de las capas gruesas. 2000 X.

①



②

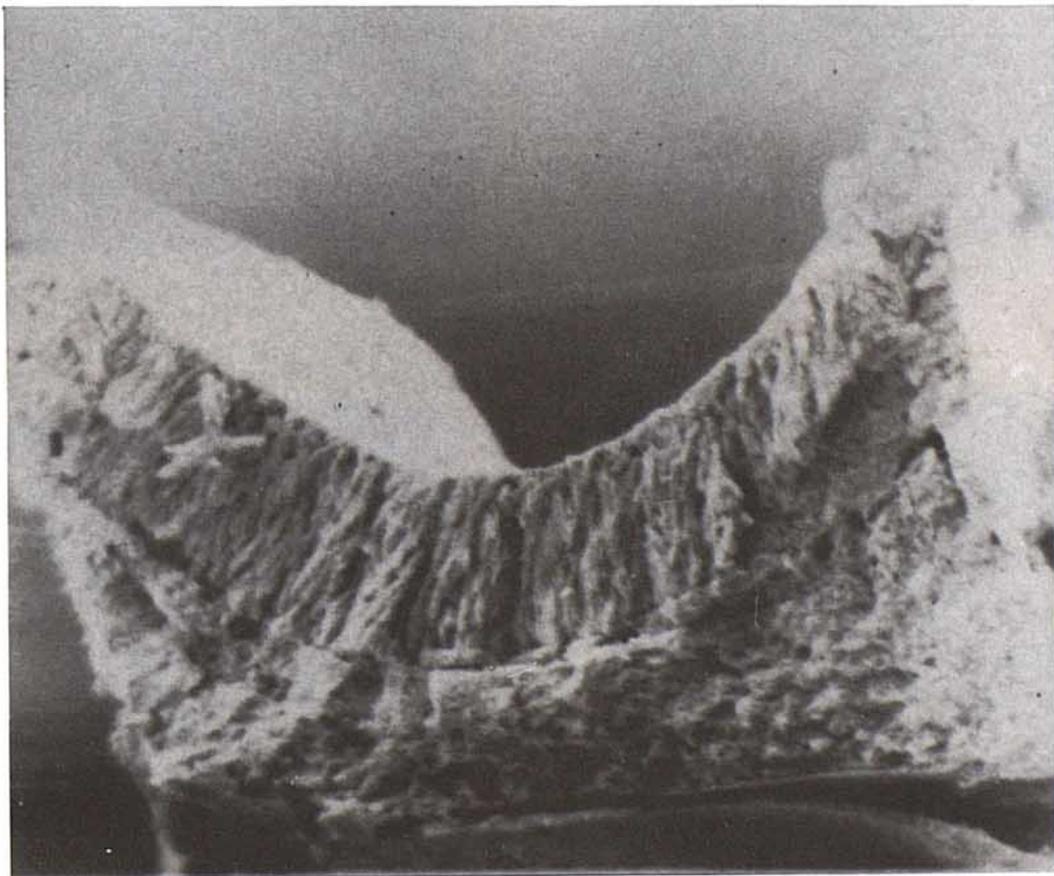


Lámina V. — Detalles de la microestructura de *Chara* aff. *krausii* (de al menos unos 5 años de enterramiento en el sedimento). Pedralba (Valencia). 1) 700 X; 2) 2000 X.

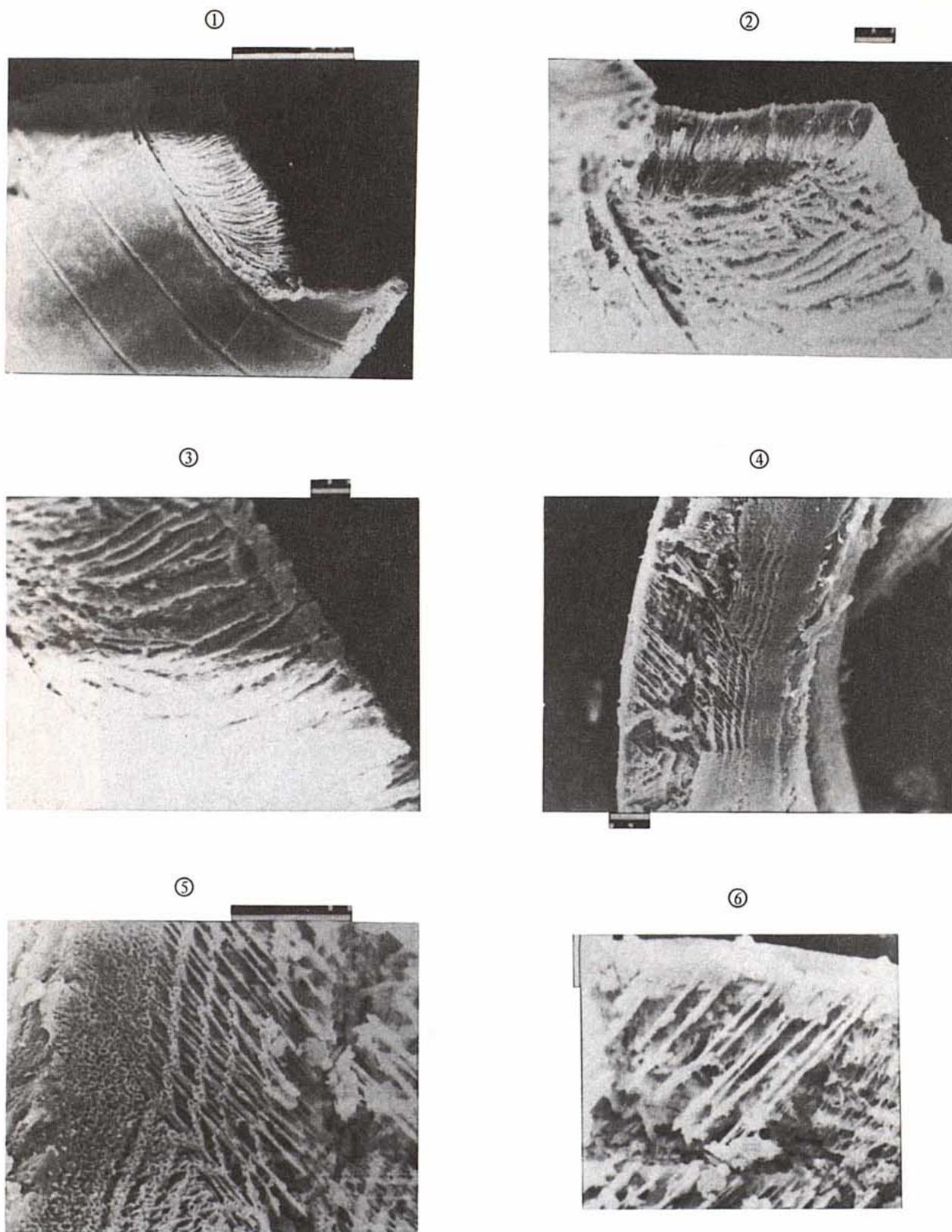


Lámina VI. — Estudio del efecto experimental de disolución débil (ClO_3H) de *Chara fragilis*. Planta viva. 1) Detalle de la pared interna junto a la oospora. 700 X; 2) Detalle anterior ampliado 1000 X; 3) Detalle anterior ampliado 2000 X; 4) Detalle de la pared lateral, separada de otra célula espiral mecánicamente. 1000 X; 5) Detalle anterior ampliado. Se observan microtúbulos de la trama esponjosa orgánica en cuyo interior crecen los cristales. 3000 X; 6) Detalle anterior ampliado. 3500 X.

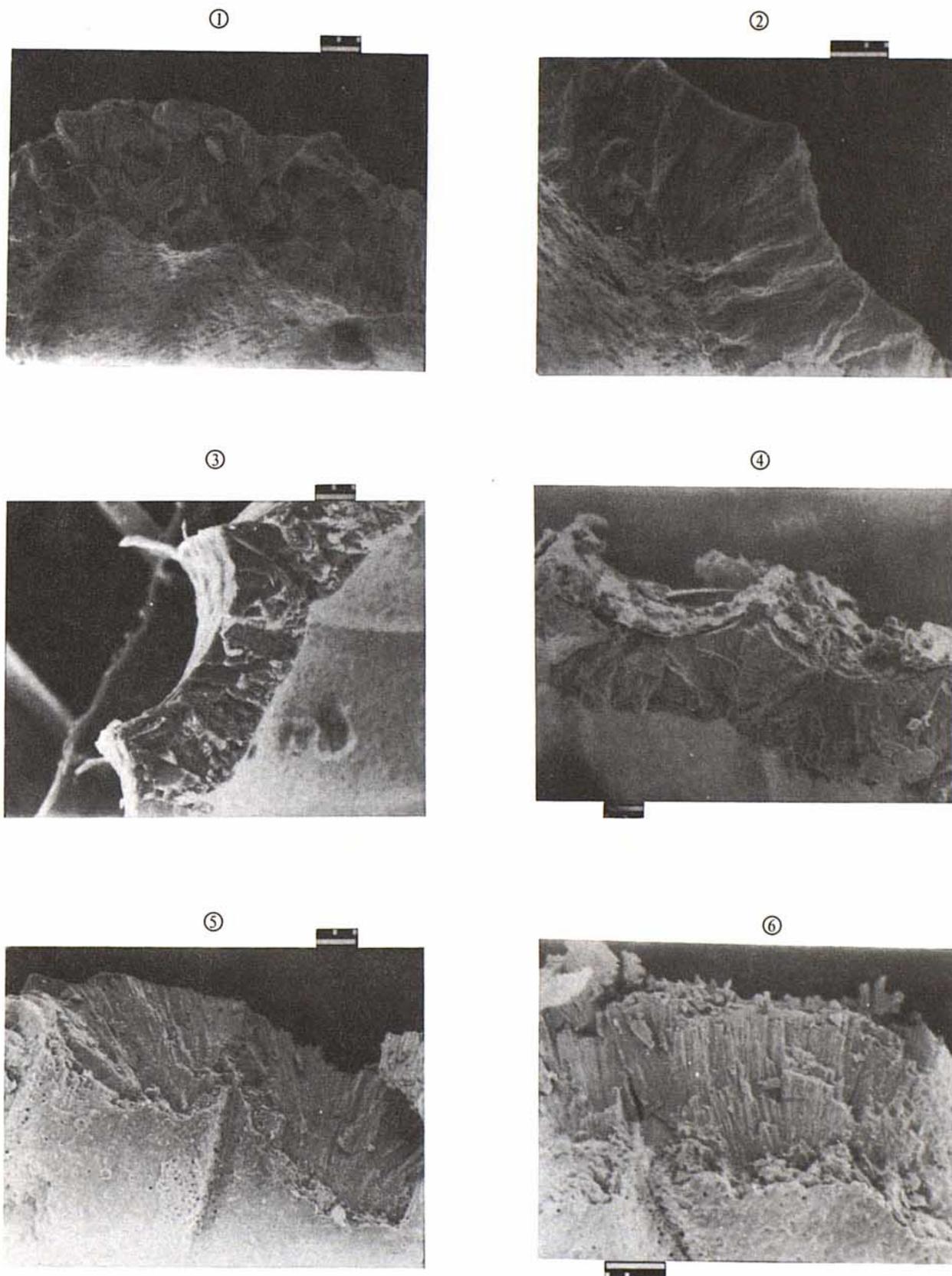
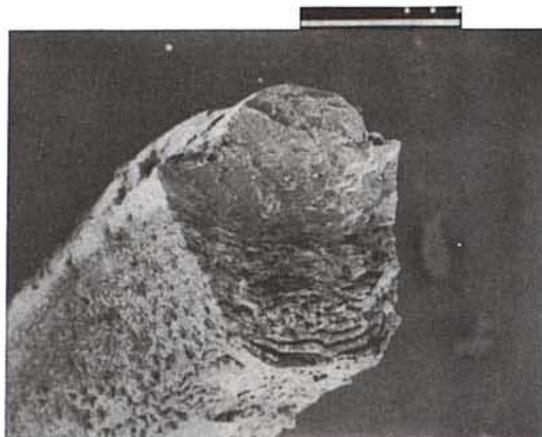
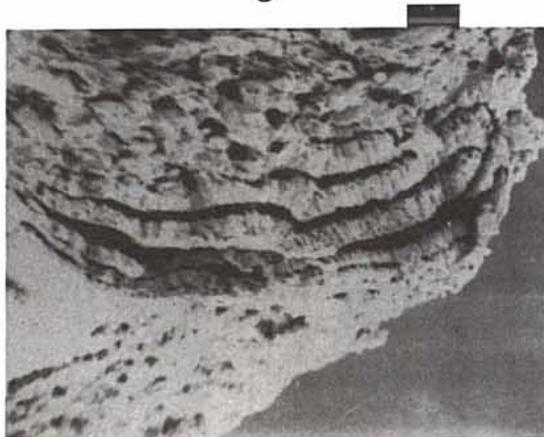


Lámina VII. — Microestructuras de algunas especies de la Sección Chara, Subsección Chara. 1) *Chara vulgaris*. Llanera de Ranos (Valencia) 1000 X; 2) *Chara vulgaris*. Llanera de Ranos (Valencia); 3) *Chara vulgaris* f. *longibracteata*. Anna (Valencia) 1000 X; 4) *Chara* aff. *muscosa*. 750 X; 5) *Chara vulgaris* f. *hispidula*. Pedralba (Valencia) 1000 X; 6) Detalle anterior ampliado. 1500 X.

①



②



③

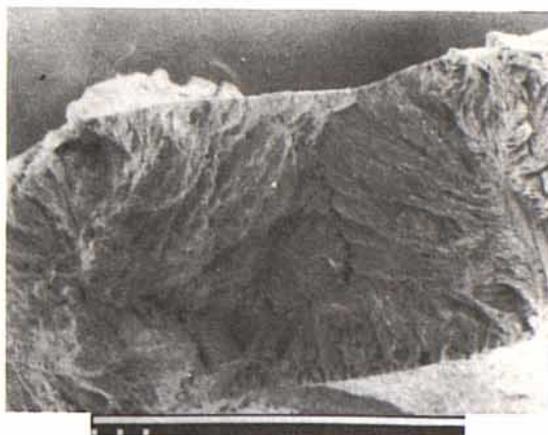


Lámina VIII. — Detalle de una célula calcificada de *Tectochara meriani*. 1) 300 X; 2) 1000 X; 3) 3000 X.

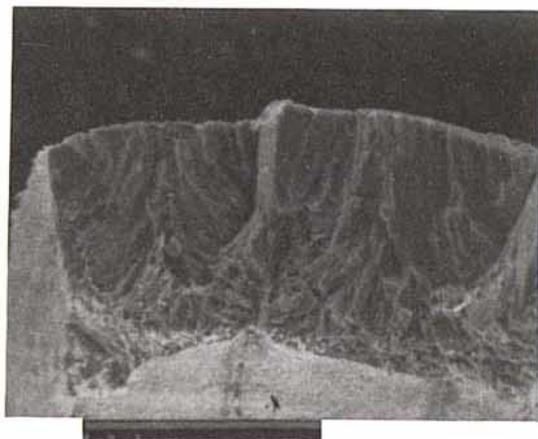
①



②



③



④



⑤



⑥

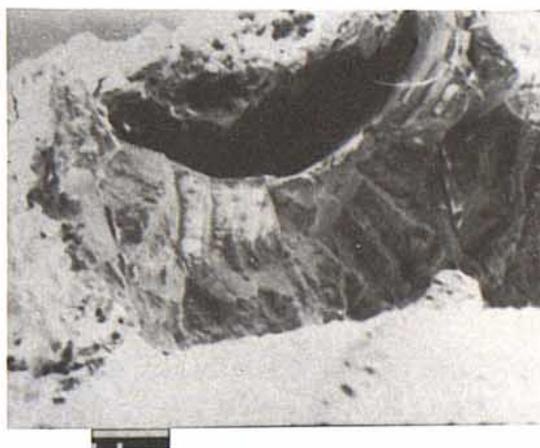


Lámina IX. — Taxones con calcificación en W. 1) *Chara aff. corfuensis*: Peñíscola (Castellón) 700 X; 2) *Chara major*. Quesa (Valencia) 700 X; 3) *Chara polyacantha*. Llanera de Ranes (Valencia) 450 X; 4) *Lamprothamnium papulosum*. Peñíscola (Castellón) 1000 X; 5) *Chara aculeolata*. Cullera (Valencia) 1000 X; 6) *Chara hispida*. Xátiva (Valencia) 1500 X.