

LOS DINOFLAGELADOS, UNA NUEVA HERRAMIENTA PARA EL CONTROL BIOESTRATIGRAFICO DE SEDIMENTOS DEL CRETACEO MEDIO Y TARDIO*

por

Hernando Dueñas J. **

Resumen

Dueñas, H.: Los dinoflagelados, una nueva herramienta para el control bioestratigráfico de sedimentos del Cretáceo medio y tardío. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 17 (66): 433-440, 1990. ISSN 0370-3908.

Se plantea la utilidad de los quistes fósiles de dinoflagelados en la interpretación de sedimentos de origen cretácico y en la resolución de problemas estratigráficos. Se complementa esta información con una tabla que muestra el estado actual del conocimiento sobre dinoflagelados cretácicos en Colombia.

Introducción

Las rocas sedimentarias cretácicas en Colombia, presentan sus principales afloramientos a lo largo de la Cordillera Oriental. También afloran en la Sierra de la Macarena y en la Serranía del Perijá. En el subsuelo las rocas cretácicas forman parte importante de los rellenos sedimentarios de las Cuencas del Cesar-Ranchería, Valle Medio y Superior del Magdalena, Putumayo y Llanos Orientales.

La mayoría de los sedimentos cretácicos en Colombia, fueron depositados en ambientes Marinos o Costaneros Bajos. Al examinar bajo el microscopio estos sedimentos es posible observar ricas asociaciones microfaunísticas y microflorísticas (palinológicas) cuyas composiciones varían dependiendo del ambiente en donde los sedimentos fueron depositados y de la edad relativa de los mismos.

En sedimentos depositados en ambientes continentales, las asociaciones palinológicas se caracterizan por abundante presencia de polen y de esporas. A medida que nos acercamos a la costa, disminuye el dominio del polen y las esporas, aumentando la presencia de elementos tales como microforaminíferos, dinoflagelados y acritarcos.

Desde el punto de vista geológico se entiende por palinomorfo todo organismo presente en las preparaciones palinológicas no importando si su origen es animal o vegetal, y por Palinología la ciencia que estudia los palinomorfos.

Los dinoflagelados son organismos unicelulares acuáticos, los cuales en las preparaciones palinológicas aparecen como formas translúcidas de morfologías y tamaños diversos.

Sólo unas pocas especies de dinoflagelados recientes se encuentran en aguas dulces. La mayoría vive en aguas salobres y en ambientes marinos en donde junto con las diatomeas, constituyen la masa principal del fitoplancton. El tamaño de estos organismos unicelulares varía entre 7 y 2.000 micrones, sin embargo, son pocos los dinoflagelados que su-

* Discurso de fondo pronunciado en el recinto de la Academia Colombiana el 17 de mayo de 1989 en sesión pública y solemne, con ocasión de su posesión como individuo de número de la Corporación.

** BIOSS LTDA., Apartado Aéreo 52514, Bogotá, D.E.

peran los 100 micrones. La mayoría son organismos autótrofos fotosintetizadores.

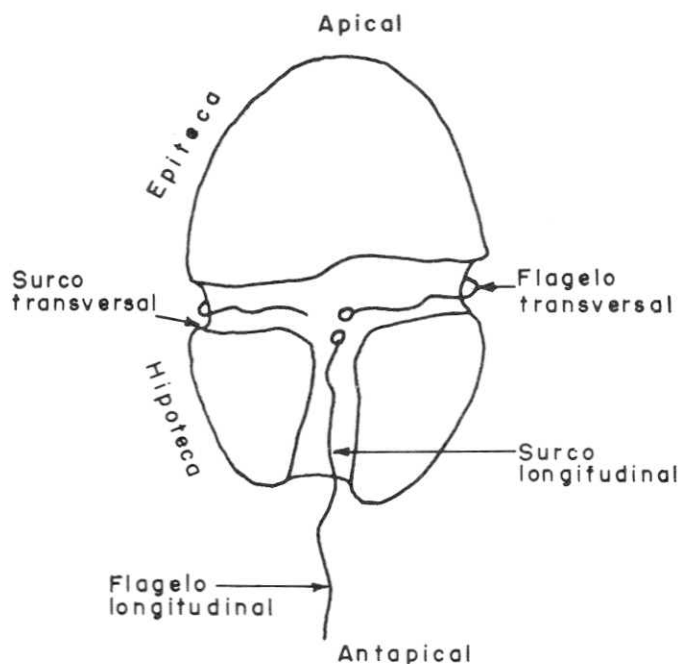
Los dinoflagelados presentan una amplia distribución alrededor del globo terrestre. Sin embargo, su mayor concentración se encuentra en los mares tropicales. El fenómeno natural denominado mareas rojas (red tide), causante de grandes desastres ictiológicos, se debe a grandes concentraciones (más de 6×10^6 organismos por un litro de agua) de dinoflagelados tales como *Gymnodinium brevis*, los cuales poseen un color rojo y liberan al agua un veneno letal para los peces (paralytic shell fish poison) ya sea como subproducto del metabolismo, o como un producto de la descomposición de las células muertas. Algunos géneros tales como *Noctiluca*, *Gymnodinium* y *Peridinium* producen secreciones luminiscentes y son responsables de los resplandores nocturnos que observan los marinos en sus travesías.

El nombre dinoflagelado se deriva por la presencia de dos flagelos, los cuales con su movimiento imprimen a estos organismos unicelulares un desplazamiento independiente de forma helicoidal. Uno de los flagelos envuelve el cuerpo central en sentido ecuatorial y recibe el nombre de flagelo transversal. El segundo, se extiende hacia abajo del cuerpo central, casi perpendicular al primer flagelo y recibe el nombre de flagelo longitudinal. El flagelo transversal con su movimiento produce un giro del cuerpo central alrededor del eje longitudinal. El flagelo longitudinal actúa como impulsor (Fig. 1).

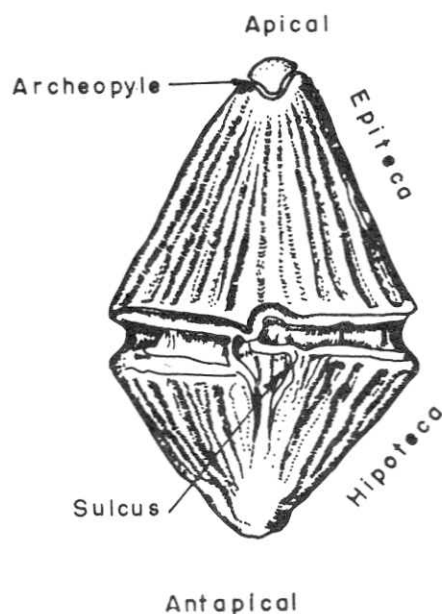
El hecho de ser organismos con movimientos de desplazamiento independientes, entre otras características, es la base para que los zoólogos incluyan a los dinoflagelados dentro del reino animal (Protozoarios). Para los botánicos, el hecho de ser organismos autótrofos fotosintetizadores con presencia de clorofila (clorofila a y clorofila c) en el protoplasma, es base suficiente para incluirlos dentro del reino vegetal (Pyrrophyta). Por tal motivo, el estudio de los dinoflagelados recientes se incluye tanto en tratados de Botánica como de Zoología. Hoy en día, la tendencia generalizada, es la de considerar a los dinoflagelados como algas unicelulares (Cronquist, 1974, Strasburger et al, 1974, E. Salvat 1968, 1978).

Los dinoflagelados recientes poseen un complejo y aún no bien entendido ciclo de vida, el cual incluye estados vegetativos, popularmente denominados estados de movilidad (motile stage) y estados de inmovilidad en los cuales los organismos se enquistan (encysted stage). En este último estado, las paredes de los dinoflagelados son muy resistentes, lo cual favorece su conservación como fósiles dentro de los sedimentos.

Los dinoflagelados que aparecen en las preparaciones palinológicas son en realidad quistes fósiles. Dinoflagelados fósiles se han reportado desde el



Gymnodinium sp.



Dinogymnium acuminatum
Cretácico

(Adaptado de Evitt, 1969)

Silúrico (400 millones de años). Durante el Cretáceo Tardío (Campaniano-Santoniano) alcanzan su máxima expansión.

La pared de los quistes fósiles puede resistir sin que se produzca daño en la morfología de las células, el ataque en caliente del Acido Nítrico, del Acido Clorhídrico, y del Clorato de Potasio. Todos estos reactivos químicos son utilizados en la preparación de las muestras palinológicas.

Al igual que las otras herramientas bioestratigráficas, el estudio de los dinoflagelados permite asignar edades relativas y ambientes de depósito a los sedimentos. El estudio de los dinoflagelados fósiles ha demostrado ser de gran valor en la resolución de problemas estratigráficos y ha contribuido a un mejor conocimiento de la geología de los sedimentos marinos, y a la correlación de estos sedimentos con los sedimentos depositados en ambientes continentales.

En áreas tales como las cuencas de los Llanos Orientales, sólo es posible estudiar la secuencia sedimentaria cretácica, analizando en el laboratorio las muestras provenientes de las perforaciones que forman parte de los trabajos de exploración petrolera. En esta cuenca, las secuencias cretácicas se depositaron en ambientes marinos someros y los sedimentos presentan recobros muy pobres o nulos de foraminíferos y ostracodos, mientras que se caracterizan por presentar buenas asociaciones de palinomorfos, especialmente de dinoflagelados, lo cual ha convertido a la palinología en la única herramienta bioestratigráfica que permite asignar edades relativas a estos sedimentos, y al mismo tiempo correlacionar bioestratigráficamente las secuencias cre-

tácicas perforadas por los pozos petroleros con las rocas aflorantes en la Cordillera Oriental.

Generalidades de los Dinoflagelados

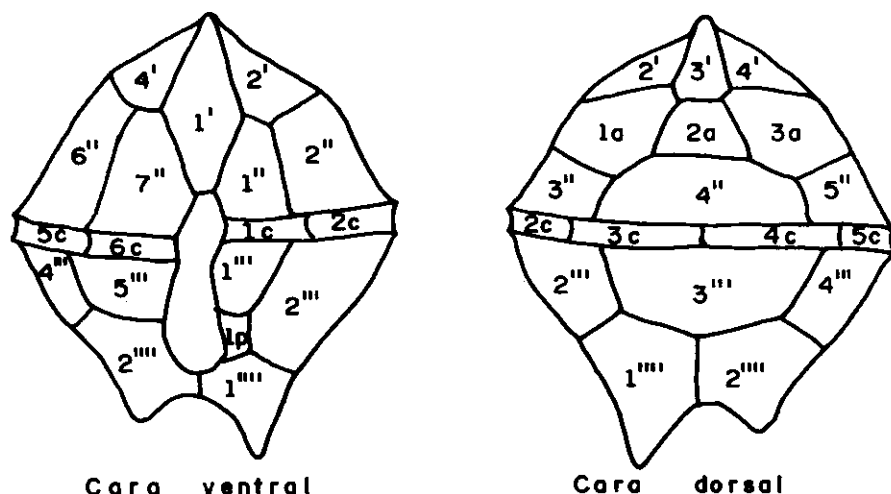
La terminología empleada en la descripción de dinoflagelados fósiles, es básicamente la misma empleada en la descripción de dinoflagelados recientes. (Evitt et al, 1977).

En la descripción de los dinoflagelados, muchos términos hacen relación a la orientación de los quistes. Los dinoflagelados poseen un cuerpo central que en la mayoría de los casos es esférico u ovalado y dos flagelos que parten de poros localizados en la parte ventral del cuerpo principal. Uno de los flagelos envuelve el cuerpo en forma ecuatorial (flagelo transversal o ecuatorial) y el segundo, partiendo de la parte central se dirige hacia abajo en forma perpendicular al primer flagelo. Juntos flagelos siguen depresiones en el cuerpo central que reciben los nombres de surco ecuatorial (*cingulum*) y surco longitudinal (*sulcus*) respectivamente (Fig. 2).

El *cingulum* divide el cuerpo central en dos partes, la superior o Epitheca y la inferior o Hypotheca. La dirección del *sulcus* señala la parte inferior de la célula (hypotheca). La cara en donde se encuentra el *sulcus* se conoce como cara ventral y su opuesta como cara dorsal (Figs. 1 y 2).

Los dinoflagelados comúnmente se dividen en dos grupos principales:

1. Dinoflagelados desnudos (Naked dinoflagellates) en los cuales la célula se encuentra envuelta por una película muy fina. Estas formas son comunes en los elementos oceánicos (Fig. 1).



- | | | |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------------|
| ' Apical plates | c Cingular plates | p Posterior intercalary plates |
| a Anterior intercalary plates | " Post cingular plates | "" Antapical plates |
| " Precingular plates | | |

(Adaptado de Evitt, 1969)

Figura 2. Representación hipotética de un dinoflagelado tecado ilustrando la terminología empleada para las placas que conforman la teca y los símbolos correspondientes. La fórmula de la tabulación para este dinoflagelado es

4', 3a, 7'', 6c, 5'', 1p, 2''.

2. Dinoflagelados con caparazón o teca (thecate dinoflagellates) en los cuales la célula se encuentra protegida por una capa exterior de naturaleza celulósica más o menos rígida, la cual se encuentra dividida en placas poligonales. Los organismos neríticos por lo general presentan estos caparazones. En muchos casos, tanto los límites entre placas, así como la parte inferior de las mismas, presentan ornamentaciones (Fig. 2).

En la mayoría de los dinoflagelados fósiles es posible observar una apertura de forma regular y siempre localizada en la Epitheca. Esta apertura resulta de la remoción de una o más de las placas poligonales que forman la teca y recibe el nombre de archeopyle (del griego *archeo* = antiguo, *pyle* = apertura). (Evitt, 1961 y 1967).

La posición del archeopyle en la Epitheca, así como el número de placas que lo conforman es una característica a nivel de géneros y una de las bases principales para la clasificación de dinoflagelados fósiles. En los dinoflagelados desnudos, aunque no se observan placas definidas, es posible observar que el archeopyle conserva una forma definida que vagamente refleja un patrón de placas.

Dependiendo de su posición en la epitheca, los archeopyle presentan cuatro categorías principales: Apical, Intercalados (Intercalary), Precingular y Epitracial. En esta última categoría el archeopyle está conformado por la totalidad de la epitheca (Fig. 3).

Las placas que conforman la teca presentan un arreglo especial que recibe el nombre de tabulación. La tabulación es considerada como un importante rasgo taxonómico. Las placas se presentan formando círculos paralelos al *cingulum*. Las placas localizadas en la epitheca en contacto con el *cingulum* reciben el nombre de precingulares (precingular plates). Las placas en contacto con el ápice reciben el nombre de apicales (apical plates), y las que no presentan contacto ni con el ápice ni con el *cingulum*, reciben el nombre de intercaladas (intercalary plates). Similar clasificación reciben las placas en la hypotheca en donde es posible encontrar placas Postcingulares, Intercaladas (posteriores) y Antapicales. El *cingulum* también puede encontrarse subdividido en placas, las cuales reciben el nombre de placas cingulares (Fig. 2).

La combinación del número de placas, da como resultado una fórmula, la cual caracteriza a las diferentes especies. Para el caso de la Figura 2, la fórmula es 41, 3a, 7", 6c, 5"', 1p, 2'''

La tabulación es fácilmente apreciable en muchos de los dinoflagelados recientes. En los dinoflagelados fósiles, debido a las alteraciones que sufren las células durante los fenómenos diagenéticos, no siempre es posible observarla y sólo en unos pocos casos se conserva una tabulación completa.

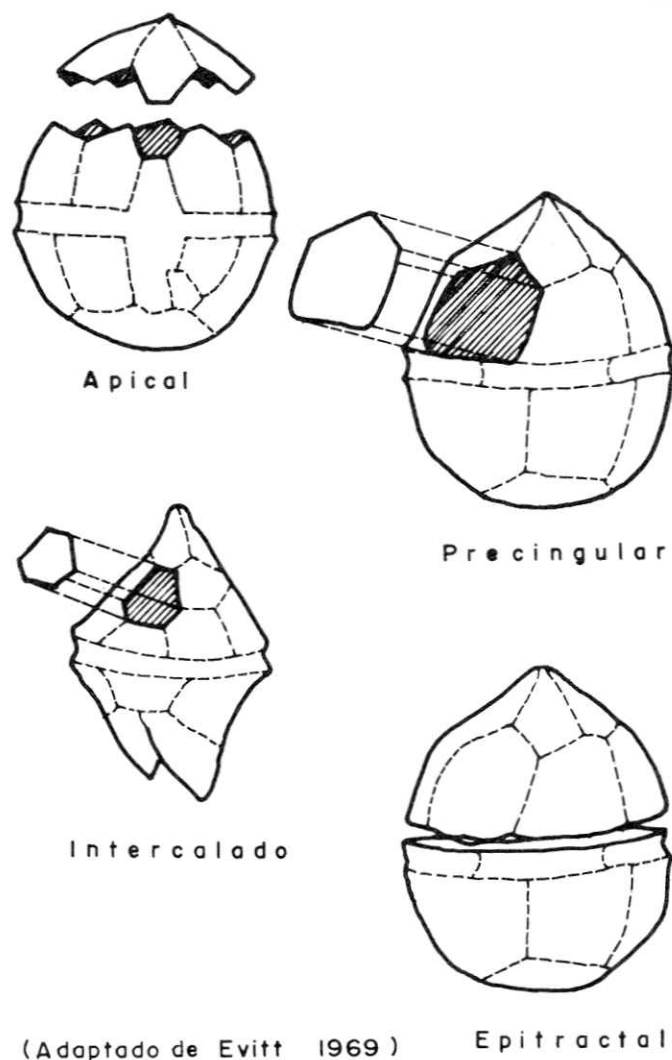


Figura 3. Diferentes tipos de archeopyle, dependiendo de su posición en la epitheca.

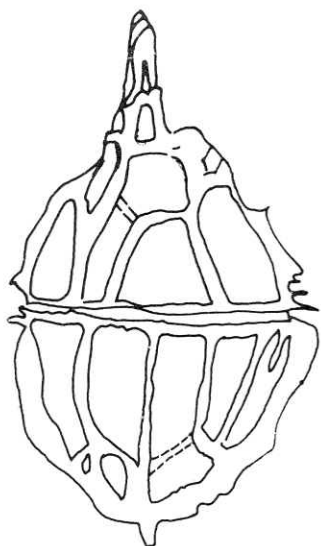
La relación entre el cuerpo principal y el diámetro total, incluyendo la ornamentación, ha recibido el nombre de relación de contracción a la cual se le atribuye un gran valor taxonómico. (Downiw & Sarjeant 1966). Teniendo en cuenta la relación de contracción, los dinoflagelados pueden ser divididos en (Fig. 4):

Chorate: quiste en donde la relación de contracción es igual o menor de 0.6

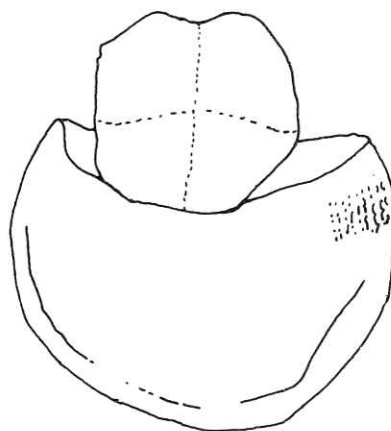
Proximate: quiste en donde la relación de contracción es igual o mayor de 0.8

Proximochorate: quiste en donde la relación de contracción está entre 0.6 y 0.8

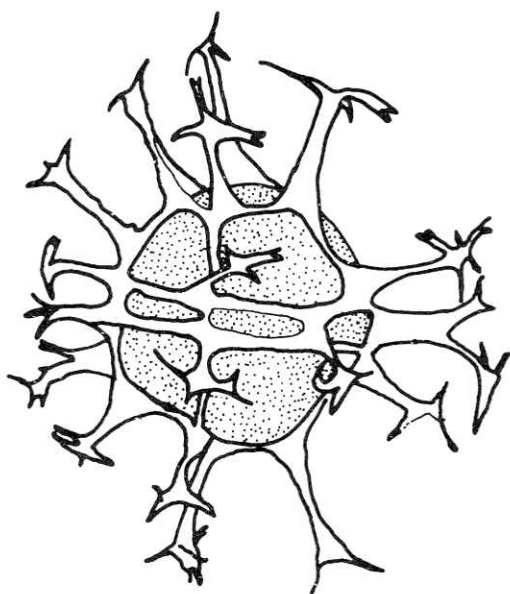
En algunos dinoflagelados es posible observar la presencia de un cuerpo interior el cual puede estar en contacto o no con la capa exterior. Cuando se presentan espacios intermedios entre el cuerpo interior y la capa exterior, se habla de dinoflagelados cavados (cavate). La forma del cuerpo interior y la localización de los espacios intermedios son la



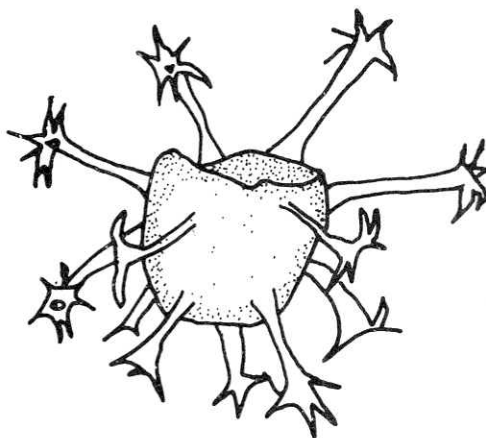
Proximate
Forma tabulada



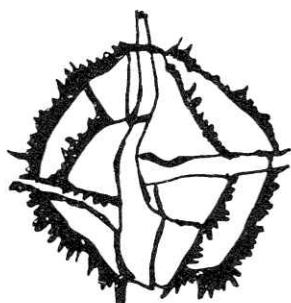
Proximate
Forma no tabulada



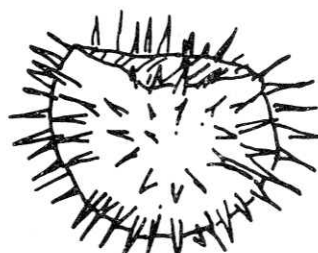
Chorate
Forma tabulada



Chorate
Forma no tabulada



Proximochorate
Forma tabulada



Proximochorate
Forma no tabulada

(Adaptado de D.R.G. 1986)

Figura 4. Clasificación de los dinoflagelados de acuerdo con la relación de contracción.

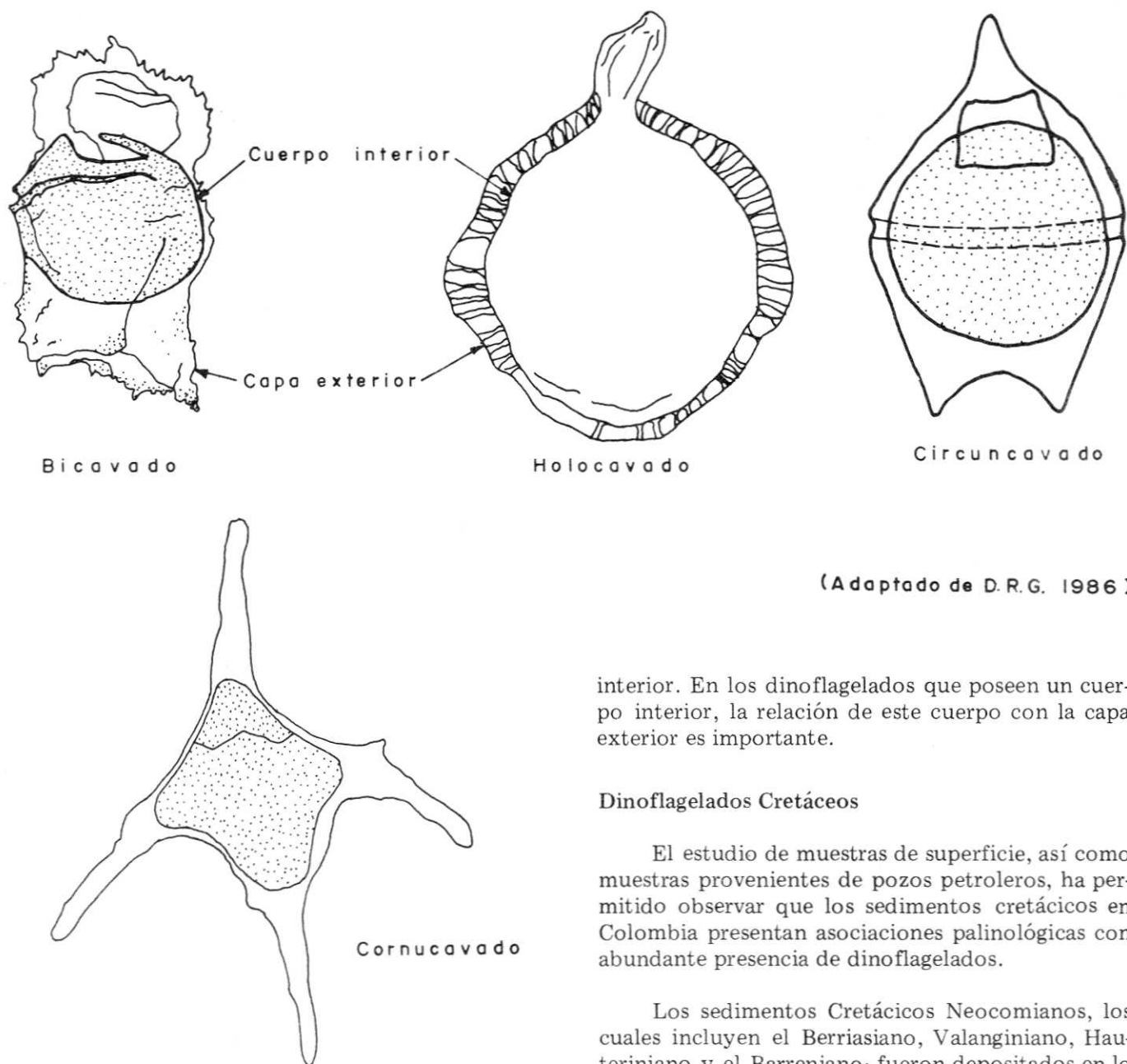


Figura 5. Clasificación de los dinoflagelados cavados teniendo en cuenta la relación que existe entre el cuerpo interior y la capa exterior.

base para una subdivisión entre los dinoflagelados cavados (Downie & Sarjeant 1966) (Figura 5).

Algunos de los dinoflagelados se caracterizan por presentar apéndices mayores que reciben el nombre de cachos (horns) los cuales permiten diferenciarlos a nivel genérico y específico (Fig. 5d). Un gran número de dinoflagelados presenta apéndices menores (processes) los cuales pueden tomar formas varias tales como espinas y cilindros (Fig. 4c y d). El número y la distribución de estos apéndices son de gran valor taxonómico.

La clasificación de los dinoflagelados se basa en su tabulación, en su relación de contracción, forma y posición del archeopyle, forma del cuerpo central, número y posición de los apéndices menores (processes) y presencia o ausencia de un cuerpo

interior. En los dinoflagelados que poseen un cuerpo interior, la relación de este cuerpo con la capa exterior es importante.

Dinoflagelados Cretáceos

El estudio de muestras de superficie, así como muestras provenientes de pozos petroleros, ha permitido observar que los sedimentos cretácicos en Colombia presentan asociaciones palinológicas con abundante presencia de dinoflagelados.

Los sedimentos Cretácicos Neocomianos, los cuales incluyen el Berriasiano, Valanginiano, Hauteriviano y el Barreniano; fueron depositados en lo que se ha denominado la Cuenca de Bogotá, la cual involucra arealmente gran parte de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, y parte del departamento de Santander. Estos sedimentos Neocomianos presentan extensos afloramientos a lo largo de la Cordillera Oriental, siendo los más estudiados geológica y paleontológicamente aquellos que se encuentran a lo largo de las carreteras Tunja-Villa de Leyva y Bogotá-Villavicencio, los cuales se caracterizan por el abundante recobro de megafauna y megaflore. La diversidad de megafauna y en especial la excelente preservación de los Ammonites, han hecho famosos estos sedimentos a nivel mundial.

Palinológicamente, estos sedimentos Neocomianos han sido encontrados estériles, debido principalmente al hecho de haber sufrido una gran diagénesis, lo cual ha producido la carbonización de la materia orgánica y la destrucción de los palinomorfos. Sólo unas muy pocas muestras provenientes de Santander, en donde aparentemente se presentaba el borde de cuenca, arrojaron muy pobres y mal preservadas asociaciones palinológicas en donde sólo

FIGURA 6
Carta Provisional de distribución estratigráfica de los dinoflagelados cretácicos

	MAASTRICHTIANO	CAMPANIANO	SANTONIANO	CONIACIANO	TURONIANO	CENOMANIANO	ALBIANO	APTIANO
Achomosphaera sp								
Achomosphaera agena								
Andalusella sp.								
Andalusella mouthei								
Andalusella polymorpha								
Alterbidinium sp.								
Apistidium sp.								
Apistia sp.								
Apistia polymorpha								
Botriocapsa sp.								
Conlingia sp.								
Ceratopora sp.								
Ceratopora cf. C. speciosa								
Ceratopora cf. C. striata								
Chytrocephaloidia sp.								
Chatangella sp.								
Chatangella ornata								
Cletocephaloidia sp.								
Coronifera cf. C. Oceanica								
Coronifera cf. C. tubulosa								
Cribroperidinium sp.								
Cribroperidinium sp.								
Cyclonephellium sp.								
Cyclonephellium distinctum								
Cyclonephellium cf. C. vannophorum								
Dinogymnium sp.								
Dinogymnium acuminatum								
Dinogymnium albertii								
Dinogymnium cretaceum								
Dinogymnium denticulatum								
Dinogymnium digitus								
Dinogymnium eucalense								
Dinogymnium heterocoelatum								
Dinogymnium nalaonense								
Dinogymnium pustulicostatum								
Dinogymnium undulosum								
Dinopteridium cf. D. cladoidea								
Diphyes cf. colligerum								
Exochosphaeridium sp.								
Gonyaulacata sp.								
Hyalirichthodinium sp.								
Hyalirichthodinium pulchrum								
Hyalirichthosphaeridium sp.								
Hyalirichthosphaeridium cf. H. tubiferum								
Isabelidium sp.								
Isabelidium cretaceum								
Leberidocysta sp.								
Lejunecysta sp.								
Microdinium sp.								
Nematosphaeropsis sp.								
Odontochitina operculata								
Odontochitina costata								
Oligosphaeridium albertense								
Oligosphaeridium complex								
Oligosphaeridium pulcherrimum								
Palaeocystodinium sp.								
Palaeocystodinium gubonense								
Palaeohyalirichthosphaeridium								
Poliocephalidium cretaceum								
Senegallinium sp.								
Senegallinium bicoloratum								
Spinidinium echinoidesum								
Spiniferites sp.								
Spiniferites ramosus								
Subtilisphaera peruloides								
Xenosuccus ceratoides								
Xenosuccus gochii								

lo era posible observar la presencia de algunas esporas Triletes psiladas sin gran valor estratigráfico.

El control palinológico del Cretáceo en Colombia realmente comienza en el Aptiano. Sedimentos aptianos conforman la base de los sedimentos cretácicos en las cuencas del Putumayo, Valle Superior y Medio del Magdalena, y en la cuenca del Catatumbo, correspondiendo el Aptiano con el inicio de un ciclo transgresivo.

Sedimentos Aptianos-Albianos presentan asociaciones palinológicas caracterizadas por la presencia de *Subtilisphaera perlucida* acompañada de *Spiniferites* sp., *Oligosphaeridium complex*, *Gonyaulacista* sp., *Criboperidinium diaphane* y *Aptea polymorfa* entre otros dinoflagelados. Esta asociación palinológica se complementa con la presencia de *Exisipollenites tumulus* (sedimentos Aptianos), *Callialasporites* gr., *Cicatricosisporites venustus* y la abundante presencia de esporas Triletes psiladas del género *Cyathidites*. Las esporas predominan sobre los granos de polen.

El Albiano-Cenomaniano presenta como dinoflagelados característicos *Xenascus ceratoides*, *Criboperidinium* sp., *Hystriosphæridium tubiferum*, y *Microdinium* sp. entre otros. La presencia de *Ephedripites* gr., *Classopollis* gr., *Afropollis jardinei* y formas elateres complementan la asociación palinológica. Aunque el dominio de las esporas triletes continúa, se incrementan en forma notoria las angiospermas. A esta edad, pertenecen los sedimentos cretácicos más antiguos reportados hasta el momento en la cuenca de los Llanos Orientales.

Durante el Turoniano-Coniaciano y parte del Santoniano, se incrementa el número de las especies de dinoflagelados. De estos sedimentos se reporta la presencia de *Canningia* sp., *Chatangiella* sp., *Coronifera oceanica*, *Cyclonephelium distinctum*, *Hystriochodinium pulchrum* y *Lejeunecysta* sp., entre otros. El polen más característico de este intervalo es el *Droseridites senonicus*.

El grupo *Dinogymnium* domina las asociaciones de dinoflagelados del Santoniano-Coniaciano. Este grupo lo conforman *D. acuminatum*, *D. cretaceum*, *D. denticulatum*, *D. digitus*, *D. euclaensis*, *D. heterocostatum*, *D. nelsonense*, *D. pustulicostatum* y *D. undulosum*. El género *Dinogymnium* presenta una muy amplia distribución alrededor del mundo. La mayoría de las especies de este género se extinguieron en Colombia al finalizar el Campaniano.

El Campaniano corresponde al período de máxima transgresión del mar Cretáceo en Colombia. Finalizando el Campaniano, se produce una muy rápida regresión.

El Maastrichtiano se caracteriza por la asociación de *Ceratiopsis striata*, *Andalusiella mauthei* y *Palaeocystodinium gabonense* entre otros. En las cuencas del Putumayo, Llanos Orientales, Cesar-Ranchería y Valle Medio y Superior del Magdalena, el Maastrichtiano corresponde a un período regresivo caracterizado por la presencia de sedimentos lagunares marinos y paludales.

La tabla anexa corresponde a la carta provisional de distribución estratigráfica de los principales dinoflagelados Cretáceos. Esta tabla reúne la información estratigráfica disponible hasta el momento por el autor sobre los dinoflagelados cretácicos en Colombia. Es necesario resaltar el hecho de que parte de los rangos estratigráficos asignados a varias especies se basan en información de muestras de pozos petroleros (muestras de zanja), y que por tal motivo, por efecto de material caído, es posible que algunos de estos rangos se encuentren exagerados.

Con esta tabla se pretende solamente mostrar el estado actual de conocimiento sobre los dinoflagelados cretácicos en Colombia. En ningún momento es nuestra intención pretender establecer una zonificación con base en dinoflagelados.

BIBLIOGRAFIA

- CRONQUIST, A. 1974. Introducción a la Botánica 4a. Impresión. Compañía Editorial Continental, S.A. México, 800 p.
- DINOCYST RESEARCH GROUP 1986 (D.R.G.). Dinocyst Practical Course. State University of Utrecht. Laboratory of Paleobotany and Palynology.
- DOWNIE, CH., and W.A.S. SARJEANT 1966. The morphology terminology and classification of fossil dinoflagellate cysts, in Studies on Mesozoic and Cainozoic dinoflagellate cysts. British Mus. Nat. History, Bull., Suppl. 3, p. 10-17, Figs. 1-4.
- ENCICLOPEDIA SALVAT De las Ciencias. 1968. Tomo I - Vegetales. Salvat, S.A. de Ediciones, Pamplona, España.
- ENCICLOPEDIA SALVAT. Diccionario. 1978. Tomo 4. Coqui-elec. Salvat Editores, S.A., Barcelona, España.
- EVITT, R.W. 1961. Observations on the morphology of fossils dinoflagellates. Micropaleontology, 7 (4): 385-420.
- 1967. Dinoflagellate studies. The archeopyle. Stanford Univ. Pubs. Geol. Sci. 10 (3) 1-83.
- 1969. Dinoflagellates and other organisms in palynological preparations in Aspects of Palynology Edited by Tschudy, R.H. and Scott, R.A. Wiley-Inter-Science.
- EVITT, R.W., J.K. LENTIN, M.E. HILLIQUOD, L.E. STOVER and G.L. WILLIAMS. 1977. Dinoflagellate cyst terminology. Geological Survey of Canada Paper 76-24: 1-11.
- STRASBURGER, E., F. NOLL, H. SCHENCK y A.F.W. SCHIMPER 1974. Tratado de Botánica, Sexta ed. Editorial Marin, S.A. Barcelona, 799 p.