

GRANS COMPOSTOS

Francesc Calvet i Rovira, Departament de Petrologia i Geoquímica de la Universitat de Barcelona

1.— Antecedents i evolució de la terminologia

SORBY (1879) fou el primer que va observar agregats carbonatats cimentats. VAUGHAN (1918) també n'observà.

Va ser ILLING (1954) el primer qui digué que aquests grans eren d'origen modern, i va demostrar que els agregats no eren derivats a partir d'un procés d'erosió, sinó que es formaven al fons del mar. Aquest autor reconeix com a agregats els que són friables (*friable aggregates*) i els *lumps*.

— Agregats friables. Partícules de mida llim i argila cimentades per fibres orgàniques o filaments d'algues. Pel fet de ser inicialment molt tous, els denomina agregats friables. Nota que poden ser trobats a tots els estadis de transició o en la cimentació.

— *Lumps*. Són aquells agregats que tenen partícules de mida arena. En reconeix diverses formes, que són:

- * *Grapestones*. Els defineix com a: grans arrodonits, que, en general, sobresurten del *lump*, i que tenen una aparença semblant a les branques del raïm.
- * *Botryoidal lumps*. Són *grapestones* amb una superfície oolítica.
- * *Encrusted lumps*. Són *grapestones* amb les superfícies polides, modificades per una intensa activitat algal. El procés d'alteració en canvia les superfícies, i fa impossible, molts cops, de distingir els *encrusted lumps* d'altres grans amorfs.

Com es veu, per a ILLING, la distinció entre aquestes formes es basa més en la forma de la superfície que no pas en característiques petrològiques. Sovint són difícils de distingir l'una de l'altra, i ja ILLING diu que no hi ha una divisió clara.

DAETWYLER i KINDWELL (1959) denominen els *grapestones* i els *encrusted lumps* com grans constituents (*constituent grains*).

PURDY (1963 a i b), a l'estudi de les fàcies carbonatades actuals a les Bahames, inclou els següents components tipus: agregats de fang carbonatat (*mud aggregates*), *grapestones*, agregats orgànics (*organic aggregates*) i grans criptocristal·lins. Aquest autor no fa les divisions en diferents categories que feia ILLING (1954) per als *lumps*, excepte en el cas dels *botryoidal lumps*.

— Agregats de fang carbonatat. Són els equivalents dels agregats d'ILLING (1954). Petrològicament s'assemblen molt als *pellets*. La recristal·lització transforma els agregats de fang carbonatat en masses homogènies de carbonat criptocristal·lí.

— *Grapestones*. Els defineix com agregats de grans esquelètics o no cimentats, en els quals el ciment es troba en general restringit a la perifèria dels agregats, i l'interior tendeix a quedar porós. Dins aquest component, inclou els *grapestones* i els *encrusted lumps* d'ILLING (1954). Els *botryoidal lumps*, els considera oïds. Amiden de 2,5 mm a 0,5 mm, i, en general, són més o menys d'1 mm. El ciment de la perifèria té dimensió llim i argila, menys de 4 micres, i és de cristalls d'aragonita. Els buits de l'interior poden ser omplerts de cristalls aciculars d'aragonita.

— Agregats orgànics. Sovint s'hi observa una estructura cel·lular, que fa suposar que el carbonat *binding* és d'origen orgànic. Els organismes que poden causar l'agregació del gra són, segons ILLING (1954), algues o foraminífers irregulars. Aquest autor conside-

ra com a agregats orgànics les construccions d'uns certs tubs que, en trencar-se, donen lloc a agregats.

KENDALL i SKIPWITH (1969). Estudien les fàcies carbonatades i evaporítiques del Golf Pèrsic. Aquests autors en descriuen els components, diuen en quin medi concret es formen, i n'expliquen la formació per causes hidrodinàmiques de l'ambient. Consideren com a agregats les següents partícules: agregats orgànics, *grapestones*, *botryoidal lumps*, *encrusted lumps*, tubs de cuc (*worm tubes*) i closques omplertes (*shell infilling*). Com es pot veure, segueixen la terminologia proposada per ILLING (1954) i hi afegeixen dos tipus nous.

- Agregats friables. Compostos de partícules de mida llim, lleugerament cimentades per filaments d'algues o d'uns altres teixits orgànics, tal com observa ILLING. Es formen en els camps d'herbes del fons dels *lagoons*.

- *Grapestones*. Agregats compostos de partícules de mida arena, cimentades posteriorment per ciment aragonític. Forma de gra de raïm. Les forces de desintegració mecànica preveuen un creixement limitat i depenen de la relació entre el grau de cimentació i força o energia de les onades. Es formen en el fons del *lagoon*, en bancs de la costa. Així, a les zones més protegides del *lagoon* són més grans i irregulars que a les zones més actives.

- *Botryoidal lumps*. Són semblants als *grapestones* perquè es componen de partícules mida arena, però se'n diferencien per fet d'anar coberts d'una fina capa d'aragonita. Representen *grapestones* en procés de formació oolítica. Es troben a les zones de més alta energia.

- *Encrusted lumps*. Ho considera igual que ILLING (1954).

- Tub de cuc. Són les parets de construccions de cucs. Si estan senceres, és fàcil de distingir d'on vénen, però si es trenquen, no.

- Closques omplertes. Agregats que s'acumulen amb la protecció d'una closca.

BATHURST (1971) no en dóna cap concepte nou, i usa tots els termes emprats anteriorment.

MILLIMAN (1967 i 1974) defineix un agregat com dos o més fragments units posteriorment per una matriu criptocristalina que constitueix menys de la meitat del gra, i un *lump* o gra criptocristal·lí com dos o més fragments units posteriorment per una matriu que constitueix més de la meitat del gra.

WINDLAN i MATTHEWS (1974) utilitzen el concepte de *grapestone* donat per PURDY (1963 a), i anoten que els grans components dels *grapestones* de les Bahames són, en gran part, oïds recristallitzats.

2.— Conclusions petrològiques

Com s'observa, existeix una gran confusió terminològica entre els termes agregat, *lump*, *grapestones*, etc. (vegeu fig. nº 1). Per simplificar aquesta confusió, es pot utilitzar el concepte de gra compost, el qual inclou tots els antics conceptes, ja que és molt general.

S'entén per gra compost un conjunt de grans —bioclàstics o no— cimentats per qualsevol tipus de ciment i independentment del grau de cimentació, friabilitat i forma externa.

Cada un dels termes definits pels diferents autors són vàlids quan s'utilitzen per a una àrea determinada i, en aquesta àrea, es pot aplicar el concepte donat.

ILLING (1954)			DAETWYLER i KIDWELL (1959)	PURDY (1963)	KENDALL i SKIPWITH (1969)	MILLIMAN (1974)		
aggregates	lumps	grapes- tones	constituent grains	grapestones	aggregates	grapestones	Aggregates L 50 %	grains composos
		encrusted lump				encrusted lump		
		botryoi- dal lumps		oolits		botryoidal lumps	Lump 750 %	
	friable aggregate	mud aggregate		friable aggregate				
		organic aggregates						
						worm tubes		
						shell infilling		

Fig. 1

MOSTRA	% Arag.	% HMC	% LMC	% quars	Mg	Sr	Matèria Orgànica	Autor
Grapestones, Great Bahama Bank	96	5	-	-	3.400	9.200	-	MILLIMAN (1967)
29 grans no-skeletal, Hogsty Reef	95	5	-	-	4.400	9.300	-	MILLIMAN (1967)
Grapestones, Fraser Hog Cay, Bahames	95	5	-	-	4.150	9.180	-	KINSMAN (1969)
Grapestones, khor-al-Bazam, Golf Persic	80 - 100	-	-	0 - 20	-	-	-	KENDALL i SKIPWITH (1969)
Grapestones, Grand Cayman Island	82	15	2	-	$6,8 \times 10^{-3}$	51×10^{-2}	-	ROBERTS i MOORE (1971)
Aggregates, Serrana Bank	88	-	-	-	6.300	9.700	2,6	in MILLIMAN (1974)

Fig. 2

3.— Composició

Mineralogia: de la manera com ha estat definit el gra compost hi ha, en principi, moltes diferències en la composició mineralògica les quals depenen del tipus de ciment i de la proporció i del tipus de grans. Ara, com que la majoria d'autors defineixen agregats, *grapestone*, *lump*, com aquells que tenen ciment aragonític (ILLING, 1954; PURDY, 1963; KENDALL i SKIPWITH, 1969; ROBERTS i MOORE, 1971; MILLIMAN, 1974) hi ha força coincidència amb les proporcions dels diferents compostos d'àrees diferents. Així s'observa que el component mineral dominant és l'aragonita, d'un 83 % a un 90 % (vegeu fig. nº 2).

Geoquímica: els grans compostos tenen, en general, una alta proporció de matèria orgànica (PURDY, 1963; MILLIMAN, 1974). El contingut de Mg és relativament alt, la qual cosa, per a KINSMAN (1969), és deguda al fet de contenir HMC. Els grans compostos, pel fet de tenir l'aragonita com a mineral més abundant, tenen una alta concentració de Sr que totes les anàlisis situen pels volts de 9.180 a 9.700 ppm. (vegeu fig. nº 2).

4.— Teories sobre l'origen dels grans compostos

a) Teories amb influència bacterial.

PURDY (1963 b) observa que la matèria orgànica es troba relativament concentrada en el ciment, i que l'origen d'aquesta matèria orgànica és difícil de determinar. Una part procedeix d'algues unicel·lulars i filaments d'algues perforants; però la major part procedeix d'una acumulació de matèria orgànica detrítica.

També observa que hi ha precipitació de carbonat entre els grans, i no a la superfície del gra compost, precisament on hi ha més concentració de matèria orgànica; i això fa pensar que hi ha una certa relació entre la presència de matèria orgànica i la precipitació de ciment. Per a PURDY, potser és la descomposició bacterial del detritus orgànic la causa de la formació del ciment. La precipitació del ciment depèn de dos factors:

- 1) sobresaturació de l'aigua respecte al carbonat de calci; i
- 2) disminució de la solubilitat del carbonat de calci per les reaccions de descomposició en el microambient immediat.

Aquest autor suposa que, quan l'acció de les onades és lleugera, els detritus orgànics s'acumulen entre els sediments del fons; i, si els corrents són més forts, s'acumulen durant les interfases deposicionals. Així, períodes curts d'agitació seguits de períodes llargs d'estabilitat del fons i precipitació del ciment produiran les típiques estructures dels *grapestones*.

La idea que hi ha una influència del procés bacterial en la formació dels grans compostos, ha estat seguida per TAFT i HARBAUGH (1964) i BATHURST (1967). Aquests autors citen que pel·lícules d'algues marrons i verdes cobreixen els sediments de *grapestones* de les Bahames, immobilitzen els *grapestones* i es realitza un procés bacterial.

b) Teories amb influència de precipitació inorgànica: físico-química.

ILLING (1954) atribueix un origen físico-químic als *grapestones* de les Bahames.

MILLIMAN (1967) parteix més de dades geoquímiques que no petroliques, per a determinar l'origen dels components no esquelètics. Compara el contingut del Sr en materials escullosos i *lagonals* d'un atol de les Bahames (Hogsty Reef). Observa que els sediments del *lagoon* tenen una quantitat més alta de Sr que la que en principi esperava, si calculava separatament cadascun dels components que formen el sediment. D'aquests com-

ILLING (1954)			DAETWYLER i KIDWELL (1959)	PURDY (1963)	KENDALL i SKIPWITH (1969)	MILLIMAN (1974)	
aggregates	lumps	grapestones	constituent grains	grapestones	grapestones	Agregates L 50 %	Grans compostos
		encrusted lump			encrusted lumps		
		botryoidal lumps	oolits	botryoidal lumps	Lump 750 %		
	friable aggregate	mud aggregates	friable aggre				
organic aggregates			worn tubes				
			shell infilling				

Fig. 1

ponents, els que tenen contingut més alt de Sr són els d'aragonita, i no sobrepassen el 7 o 8,5 ‰ la concentració de Sr; però aquest autor hi trobava valors de més de 9 ‰ i fins i tot de 10 ‰. Per tant, i segons MILLIMAN, aquest increment de Sr del *lagoon* no sembla d'origen orgànic. Només l'aragonita precipitada inorgànicament té valors de Sr tan alts. A més, observa que hi ha una relació directa entre la quantitat de Sr i el percentatge de fragments no esquelètics dels sediments *lagoonals*.

MILLIMAN (1974) observa que els grans es troben perdominantment en ambients d'aigües poc profundes tropicals i ambients *lagoonals* més o menys restringits. Arriba a la conclusió que és en els ambients supersaturats de carbonats on s'incrementa la possibilitat d'una precipitació inorgànica.

c) Teories que donen gran importància a la influència d'algues.

MONTY (1967) descriu l'agregació de partícules per algues blauverdes; en concret: per les algues *Schizothrix* i *Scytonema* (que fan la mateixa funció que *Girvanella* en el registre fòssil). Aquestes algues poden precipitar carbonat microcristal·lí i enganxar-ne els grans. En general els grans que hi ha dins els grans compostos esdevenen completament incognoscibles per causa de les perforacions algals. Aquest autor opina que la matèria orgànica és d'origen algal, i en això difereix de PURDY (1963), a i b) que la creu d'origen detrític.

KENDALL i SKIPWITH (1969) observen que els *grapestones* es troben al fons herbós del *lagoon* i als bancs. Al *lagoon*, durant els períodes de mínima activitat d'onades, la superfície del sediment se cimenta inicialment per una pel·lícula orgànica. Als bancs intermareals, l'agent inicialment *binding* és o un mucíl·lag orgànic o un ciment aragonític incipient de *beach-rock*. A les dues àrees, si el procés de cimentació continua, es precipita aragonit per causa de la fotosíntesi de les algues blauverdes.

La superfície de la crosta es pot trencar en petits grans compostos per l'acció de les onades. Per tant, les dimensions dels *lumps* depenen de la duresa del ciment i de la força de les onades. Si el mar està gaire agitat, es pot arribar a separar partícula per partícula, però en general es produeixen agregats. Aquests autors donen la següent seqüència hidrodinàmica per a les partícules carbonatades d'origen físico-químic (vegeu fig. nº 3).

d) Altres orígens.

Independentment del tipus d'origen donats abans, s'observen dos possibles orígens per a grans compostos.

- 1.— A partir del sediment intern de gasteròpodes, serpulíds, lamel·li-branquis, etc., en els quals els corcolls es puguin dissoldre, sovint ajudats per fractures.
- 2.— A partir de construccions aglutinants que realitzen uns certs poliquets, etc..., els quals, destruïts per les onades, són transportats a les platges, on fossilitzen. Aquest origen ja és citat per PURDY (1963), KENDALL i SKIPWITH (1969).

BIBLIOGRAFIA

- BATHURST, R.G.C. (1967). "Oolitic films on low energy carbonate sand grains". *Marine Geol.*, v. 5, p. 89-109.
- BATHURST, R.G.C. (1971). *Carbonate sediments and their diagenesis*. Development in Sedimentology, nº12, Elsevier Publishing Company. Amsterdam, 620 p.

- DAETWYLER, C.C. i KIDWELL, A.L. (1959). "The Gulf of Batabono, a modern carbonate basin". Fifth World Petroleum Congress Section 1, p. 1-21.
- ILLING, L.V. (1954). "Bahaman calcareous sands". *Am. Assoc. Petrol. Geologists Bull.* v. 35, p. 1-95.
- KINSMAN, D.J.J. (1969). "Interpretation of Sr^{2+} concentration in carbonate minerals and rocks". *Jour. Sed. Petrol.*, v. 39, p. 486-508.
- KENDALL, C.G.St.C. i SKIPWITH, P.A. d'E. (1969). "Holocene Shallow-water carbonate and evaporite sediments of Khor al Bazam, Abu Dhabi, southwest Persian Gulf". *Am. Assoc. Petrol. Geologists Bull.* v. 53, p. 841-869.
- MILLIMAN, J.D. (1967). "Carbonate sedimentation on Hogstiy Reef, a Bahamian Atoll". *Jour. Sed. Petrol.*, v. 37, p. 658-675.
- MILLIMAN, J.D. (1974). *Recent Sedimentary Carbonates. Part. I. Marine Carbonates.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 375 p.
- MONTY, C. (1967). "Distribution and structure of Recent stromatolitic algal mats, eastern Andros Island, Bahamas". *Am. Soc. Geol. Belg., Bull.* v. 90, p. 55-100.
- PURDY, E.G. (1963). "Recent Calcium Carbonate Facies of the Great Bahama Bank 1. Petrography and Reaction Groups". *Jour. Geol.*, v. 71, p. 334-355.
- PURDY, E.G. (1963). "Recent Calcium Carbonate Facies of the Great Bahama Bank 2. Sedimentary Facies". *Jour. Geol.*, v. 71, p. 472-497.
- ROBERTS, H.H. i MOORE, C.H. Jr. (1971). "Recently Comented Aggregates (Grapstones), Gran Cayman Island, B.W.I.". En Bricker, O.P. (Ed.). *Carbonate Cements.* The Johns Hopkins Press. Baltimore and London, p. 88-90.
- TAFT, W.H. i HARBAUGH, J.W. (1964). "Modern carbonate sediments of southern Florida, Bahamas, and Espiritu Santo Island, Baja California: A comparison of their mineralogy and chemistry". Stanford. *Univ. Publ. Geol. Sci.*, v. 8, n° 2, 133 p.
- WINLAND, H.D. i MATTHEUS, R.K. (1974). "Origin and significance of grapestones, Bahama Island". *Journ. Sed. Petrol.*, v. 44, p. 921-927.