

DANIELE ROSSI

## ALCUNI RECENTI SVILUPPI DELLE RICERCHE SUI SEDIMENTI CARBONATICI ATTUALI E RECENTI E LORO SIGNIFICATO PER LO STUDIO DEI SEDIMENTI CARBONATICI ANTICHI

### INTRODUZIONE

Con la presente nota <sup>(1)</sup> mi propongo di dimostrare l'inopportunità di estendere oltre un certo limite ai sedimenti carbonatici antichi le conclusioni desunte dallo studio dei sedimenti carbonatici attuali e recenti.

Per tale scopo mi servo di alcuni recenti sviluppi delle ricerche su tre importanti argomenti che riguardano i sedimenti carbonatici; tali argomenti, che sono per molti aspetti diversi ma entro un certo grado interdipendenti, sono: 1) le scogliere; 2) le dolomie; 3) la litificazione dei sedimenti carbonatici.

Mi è gradito ringraziare il Prof. PIERO LEONARDI, per i preziosi consigli che mi ha elargito e per avermi suggerito l'argomento.

### LE SCOGLIERE

L'argomento delle scogliere attuali e delle paleoscogliere ha sempre suscitato molte discussioni tra gli specialisti delle formazioni carbonatiche. Certamente ciò dipende in larga misura dall'uso diverso che i vari studiosi

---

<sup>(1)</sup> Lavoro compreso nel programma delle ricerche condotte dall'Istituto di Geologia dell'Università di Ferrara, diretto dal prof. PIERO LEONARDI, sotto gli auspici e col contributo finanziario del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

fanno di termini come scogliera, bioerma, biostroma, banco organogeno, ecc. Tuttavia questa non è l'unica causa che porta alle diversità di opinione nella definizione di tali formazioni, ma vi sono anche motivi più profondi, i quali provocano interpretazioni diverse di una stessa formazione anche quando vi è accordo nelle definizioni.

Una definizione di scogliera largamente usata è la seguente (H. A. LOWENSTAM 1950, P. LEONARDI 1962): « Il termine "scogliera organogena" si riferisce al prodotto dell'attività costruttrice di organismi, che per la loro potenziale capacità di resistere all'attività demolitrice delle onde marine, sono suscettibili di dar origine a strutture erette la cui sommità risulta nettamente sopraelevata rispetto alla superficie dei sedimenti eteropici circostanti ».

In tale definizione non viene chiarito quali sono gli organismi che possono effettivamente creare un edificio in grado di resistere alle onde. Del resto compare chiaramente anche nella stessa definizione di scogliera sopra riportata che uno stesso organismo può, in determinate condizioni, dar luogo ad una struttura resistente alle onde, mentre può non riuscirvi in condizioni ambientali per qualche grado diverse (ad es. dove il moto ondoso è particolarmente forte).

In teoria tutti gli organismi sedentari sono potenzialmente in grado di erigere strutture resistenti alle onde, dal momento che l'intensità del moto ondoso è variabile da un massimo fino ad avvicinarsi a zero in ambienti particolarissimi: dove il moto ondoso è praticamente assente anche le più fragili strutture di organismi sedentari possono resistere. In pratica invece sarà opportuno considerare come organismi costruttori di scogliere solo quelli che hanno tale capacità in condizioni ambientali normali, per quanto riguarda il moto ondoso, ed è assai difficile poter conoscere gli organismi del passato fino al punto da poter stabilire le loro possibilità a questo riguardo.

Queste difficoltà, legate alla incompleta conoscenza degli organismi estinti, portano spesso gli studiosi a limitare il campo delle paleoscogliere, e a considerare tali solo quelle formazioni che ripetono le caratteristiche biologiche e litologiche delle scogliere attuali. Seguendo tale criterio, le paleoscogliere verrebbero ad essere assai ridotte di numero e ciò provocherebbe, tra l'altro, l'errata convinzione che il fenomeno di scogliera nel passato sia stato assai più raro che ai nostri giorni.

Dice giustamente M. LECOMPTE (1958, pp. 387 e 388): « *Si pendant longtemps la question des paléorécifs est restée bloquée et stérile, c'est parce qu'on s'est borné à rechercher les relations avec les récifs actuels . . . en grande partie conditionnés par les événements du Pleistocène et par*

*certaines adaptations probablement récentes des Coraux constructeurs . . . ».*  
Ed ancora: « *Dans l'état d'avancement actuel des méthodes géologiques, il serait illusoire de rechercher directement l'incidence, dans le développement du phénomène récifal paléozoïque, des facteurs de température, lumière, salinité, courants, etc. sur lesquels on met généralement l'accent dans l'étude des récifs actuels* ».

In definitiva, mi sembra più ragionevole non dare troppa importanza all'organismo responsabile della formazione e dare invece la massima importanza alla struttura d'insieme di quest'ultima, data dalla stratificazione, dai rapporti batimetrici rispetto ai sedimenti circostanti e dalle modalità del raccordo tra questi e quella. Mi sembra che l'assenza della stratificazione e la sopraelevazione rispetto ai sedimenti circostanti, stabilita mediante un raccordo ripido, possa essere sufficiente, in mancanza di altri sicuri elementi di giudizio, per legittimare l'idea che la formazione durante il suo sviluppo sia stata in grado di contrastare l'azione livellatrice della gravità e dei moti del mare.

Ciò rispecchia il caso di molte delle zolle dolomitiche ladino-carniche presenti nella Regione Dolomitica, soprattutto nella parte occidentale (Dolomia dello Sciliar): tali zolle sono prive di stratificazione, sono sopraelevate di parecchie decine, o addirittura centinaia, di metri rispetto ai sedimenti eteropici circostanti ed il loro raccordo avviene per mezzo di superfici inclinate relativamente ripide. A ciò si può aggiungere la presenza, pur sporadica, di coralli in posizione di crescita e le forti e brusche differenze litologiche tra la formazione dolomitica ed i sedimenti circostanti.

Per la Dolomia dello Sciliar è possibile tener conto solo di queste caratteristiche, le quali definiscono la struttura d'insieme della formazione, poiché il processo di dolomitizzazione ha cancellato pressoché tutte le microstrutture originarie della roccia; è appunto sulla base di tali caratteristiche che mi sembra possa considerarsi ancora valida l'opinione che queste zolle dolomitiche rappresentino delle paleo-scogliere.

Caratteristiche diverse presenta invece la parte superiore di molte microstrutture originarie della roccia; è appunto sulla base di tali caratteristiche, descritte in un mio precedente lavoro (1964) non possono essere riferite a paleoscogliere.

Oltre alla Dolomia dello Sciliar, nelle Dolomiti Occidentali è rappresentata un'altra formazione carbonatica ladino-carnica poco stratificata, nota sotto il nome di Calcare della Marmolada, la quale si presenta per molti aspetti diversa dalla Dolomia dello Sciliar. Tale formazione è presente, oltre che nel Gruppo della Marmolada, nella Vallaccia (ad Est di

Vigo di Fassa), nella Viezzena (tra le Valli di S. Pellegrino e del Travi-  
gnolo), nel Gruppo del Latemar, e viene ad occupare una fascia relativa-  
mente ristretta, allungata da NE (Marmolada) a SW (Latemar).

Nel Gruppo del Latemar il Calcarea della Marmolada è disposto a  
recinto, attorno ad una formazione prevalentemente calcarea, ben stratifi-  
cata, a crinoidi, diplopore ed oncoliti (Calcarea del Latemar).

Il Calcarea della Marmolada, come del resto il Calcarea del Latemar,  
ha subito il processo di dolomitizzazione solo in piccola parte: ciò fa so-  
spettare che nel periodo di tempo in cui si è verificata la sostituzione  
metasomatica che ha dato luogo alla Dolomia dello Sciliar (D. ROSSI 1967),  
la formazione corrispondente al Calcarea della Marmolada fosse meno po-  
rosa di quella corrispondente alla Dolomia dello Sciliar, oppure che fosse  
protetta da materiali impermeabili.

Avendo subito solo in piccola parte il processo di sostituzione meta-  
somatica, il Calcarea della Marmolada generalmente ha conservato le carat-  
teristiche litologiche originarie e queste non mi sembrano compatibili con  
una formazione di scogliera: gli organismi sedentari sono molto rari  
(ad es. i coralli si ritrovano solo in rari nidi di volume relativamente  
modesto, dell'ordine di poche centinaia di metri cubi); inoltre nel Gruppo  
del Latemar il Calcarea della Marmolada è prevalentemente costituito da  
frammenti di calcarea che ha le stesse caratteristiche litologiche dei calcari  
stratificati dell'interno (Calcarea del Latemar).

La struttura d'insieme del Calcarea della Marmolada, pur presentan-  
dosi, per alcune caratteristiche, simile a quella della Dolomia dello Sciliar  
(ad es. la scarsità di stratificazione e la sopraelevazione rispetto ai sedi-  
menti circostanti), per altre si differenzia notevolmente e soprattutto per  
il fatto che nel Gruppo del Latemar tale formazione occupa solo posi-  
zioni di raccordo: infatti le poche superfici di stratificazione visibili sono  
sempre inclinate verso l'esterno. Ritengo che il Calcarea della Marmolada  
costituisse in realtà proprio il raccordo tra il banco organogeno rappresen-  
tato dal Calcarea del Latemar e le aree circostanti. A questo proposito  
mi sembra si possa accettare l'idea di P. CROS (1967), che l'assenza della  
zona intermedia tra la zona di sedimentazione inclinata (Calcarea della  
Marmolada) e la parte stratificata (Calcarea del Latemar) fa pensare che il  
Calcarea della Marmolada sia geneticamente legato al Calcarea del Latemar  
e corrisponda ad una zona « *de rupture de pente au bord d'un platier  
calcaire, où les courants constants et les modifications mécaniques diagéné-  
tiques et chimiques effacent toute stratification* ». Tale argomento sarà da  
me ripreso e sviluppato assai più ampiamente in una prossima pub-  
blicazione.

## LE DOLOMIE

Gli sviluppi delle ricerche sui sedimenti attuali e recenti, soprattutto per opera dei geologi delle compagnie petrolifere, hanno dimostrato che, contrariamente a quanto si riteneva, la dolomitizzazione è un fenomeno che avviene anche ai nostri giorni, in particolari condizioni ambientali.

G. M. FRIEDMAN e J. E. SANDERS (1967) parlano di rivoluzione nella questione della dolomite, grazie allo sviluppo delle indagini coi raggi X. In sintesi gli AA. scrivono che « *the dolomite question* », la quale ha provocato tante discussioni e controversie, aveva un vizio d'origine, poiché si riteneva, erroneamente, che il minerale dolomite non fosse rappresentato nei sedimenti attuali o recenti. L'indagine coi raggi X ha permesso di stabilire che la dolomite si forma tuttora, in particolari condizioni ambientali. Più precisamente tale minerale si forma da acque ipersaline, formatesi dalla « *capillar concentration* » e dalla « *seepage refluxion* ». Nella concentrazione capillare le acque interstiziali dei sedimenti traspirano in alto attraverso i materiali porosi che si trovano al margine del mare ed evaporano all'interfacie sedimento-aria. Questo processo porta alla formazione di dolomite negli ambienti sopracotidali ed intercotidali su larghi bassifondi, con l'intercalazione di gesso e di anidrite (dalla parte della terraferma) e di carbonati marini (dalla parte del mare). In condizioni di clima arido l'anidrite ed il gesso possono non svilupparsi. Le dolomie sopracotidali ed intercotidali possono avere svariate strutture, come « *mudcracks* », « *ripplemarks* », ecc.; sono generalmente prive di fossili e di strutture interne, esclusi i « *pellets* ».

La riflusione si può verificare in una laguna ristretta o in un bacino intramontano, dove l'evaporazione aumenta la concentrazione e la densità dell'acqua: ciò produce acqua salmastra che discende nelle depressioni topografiche, da dove può attraversare i sedimenti sottostanti, i quali vengono progressivamente dolomitizzati.

G. I. TEODOROVICH (1959) ha riferito la presenza delle dolomie nei vari tempi al cambiamento delle condizioni ambientali. Secondo l'A., i fattori che possono influire nella formazione delle dolomie sono: la pressione parziale di CO<sub>2</sub>, la quantità relativa dei sali disciolti nell'acqua (cationi ed anioni), la salinità, la temperatura dell'acqua, il pH. Sempre secondo l'A., la dolomia primaria fu precipitata nei mari del Precambriano e della prima parte del Paleozoico, mentre non si formò nei mari della seconda parte del Paleozoico; la dolomia presente nella seconda parte del Paleozoico è prevalentemente di sostituzione. Il volume della dolomia in

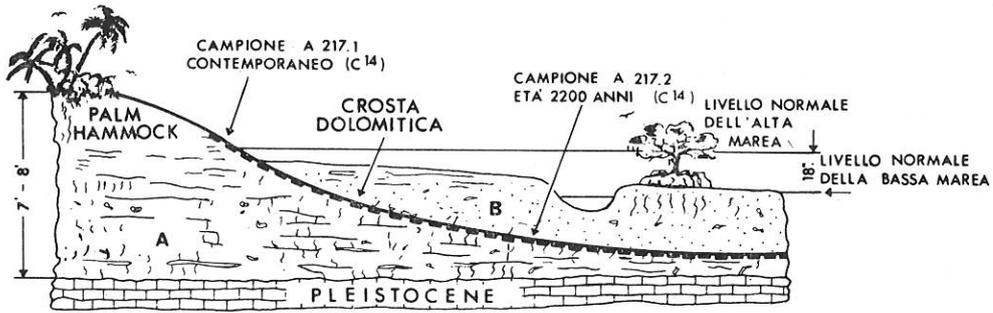
rapporto alle rocce carbonatiche decresce nel Mesozoico e nel Cenozoico ed in queste ere il processo di sostituzione prende la netta prevalenza. Tali dati vengono spiegati da TEODOROVICH con i cambiamenti della pressione parziale di  $\text{CO}_2$ , la quale sarebbe stata più alta nel Precambriano e nella prima parte del Paleozoico ed avrebbe provocato la precipitazione della dolomia primaria. Colla diminuzione della pressione parziale di  $\text{CO}_2$  venne a diminuire la dolomia primaria ed il processo di sostituzione fu dominante.

Per FRIEDMAN e SANDERS la scoperta di dolomia recente permetterebbe di porre in dubbio tali conclusioni circa i sistematici cambiamenti della pressione parziale di  $\text{CO}_2$  nell'atmosfera terrestre. Gli AA. non spiegano tuttavia in quale modo le conclusioni di TEODOROVICH vengano invalidate dalla scoperta di dolomia recente.

I confronti tra il rapporto Ca/Mg nelle varie età (G. V. CHILINGAR 1956) indicano che il contenuto di magnesio nei sedimenti carbonatici è andato progressivamente calando nel tempo e precisamente dal valore di 4 nel Precambriano al valore di 40 nel Quaternario recente, e non credo che quest'ultimo valore possa cambiare di molto con le ultime scoperte dei sedimenti dolomitici attuali. Questo fatto mi sembra sufficiente per dimostrare che nei tempi antichi nella formazione delle dolomie sono entrati in gioco anche fattori diversi da quelli attuali: potrebbe essere la variazione della pressione parziale di  $\text{CO}_2$ , come suggerisce TEODOROVICH (1959), oppure un più alto contenuto in Mg da parte dell'acqua marina, secondo l'opinione di molti studiosi, oppure, e ciò mi sembra più verosimile, più fattori combinati insieme, che hanno influito a determinare nei mari del passato un equilibrio chimico-fisico diverso, e conseguentemente la formazione delle dolomie in condizioni diverse da quelle attuali. Dice R. W. FAIRBRIDGE a questo proposito (1967, pag. 427): « *Ca/Mg and Ca/Sr ratios have contemporary and historic trends, not all very thoroughly understood. Changes in salinity, alkalinity and  $p_{\text{CO}_2}$  with time may help to explain them* ».

Quindi ritengo che nei confronti tra i sedimenti dolomitici recenti ed antichi si debba tener conto della circostanza che le condizioni chimiche e fisiche degli ambienti di sedimentazione del passato potevano essere anche molto diverse. Inoltre in tali confronti non mi sembra si possa prescindere dallo spessore dei sedimenti confrontati. È indubbio che lo spessore dei sedimenti dolomitici attuali solo raramente supera il metro: ad esempio la crosta dolomitica presente alle Bahamas ha uno spessore medio di 2-3 cm (fig. 1), ed i sedimenti al letto e al tetto hanno un basso tenore di dolomite (meno del 5% secondo le analisi ai raggi X).

Ciò fa ritenere che l'ambiente di formazione delle dolomie recenti rappresenta condizioni per lo meno inconsuete, che si verificano in determinate aree solo durante brevi intervalli di tempo (considerati in scala geologica), e che sia sufficiente una leggera variazione delle condizioni chimiche e fisiche del sedimento perché la formazione della dolomite venga impedita. Del resto che le condizioni ambientali in cui si forma attualmente la dolomite siano particolarissime, se non addirittura ecce-



**A** Fango a « pellets » grigio nero contenente radici, conchiglie di terra, lamine di essiccamento, pochi gasteropodi marini, ecc.

LA SCALA VERTICALE È MOLTO ESAGERATA. LA DISTANZA ORIZZONTALE È CIRCA 2000 JARDE.

da Shinn, Ginsburg, Lloyd, 1967.



**B** Sedimento a « pellets » marrone rossiccio chiaro contenente numerosi gasteropodi marini, foraminiferi e radici di mangrovie rosse.

FIG. 1 - Relazioni stratigrafiche tra la crosta dolomitica ed i sedimenti sotto e sovrastanti alle Isole Andros (da SHINN, GINSBURG, LLOYD, 1967). Mi sembra che dalla figura appaia chiaramente la difficoltà di trovare delle analogie tra la crosta dolomitica delle Isole Andros, formatasi in tempi recenti, e le potenti formazioni dolomitiche del passato.

zionali, si può ricavare facilmente dalla letteratura sull'argomento (e dalla stessa fig. 1).

Molte formazioni dolomitiche antiche hanno spessori notevoli, dell'ordine delle centinaia di metri. Ad esempio la Dolomia Principale della Regione Dolomitica ha una potenza spesso superiore ai 1000 metri. Ora, se noi riferiamo l'ambiente di formazione della Dolomia Principale a quello delle particolari zone delle Bahamas dove stanno formandosi sedi-

menti dolomitici, dobbiamo concludere che tale ambiente si è protratto, o almeno che si è periodicamente verificato con grande frequenza, per tutto il lungo lasso di tempo corrispondente a tale spessore (si parla di 5 o 7 milioni di anni): ciò mi sembra improbabile.

## LITIFICAZIONE DEI SEDIMENTI CARBONATICI

Molte pubblicazioni riguardanti la litificazione dei sedimenti carbonatici attuali e recenti esprimono l'opinione che l'indurimento e la litificazione di tali sedimenti possono avvenire solo in condizioni subaeree, oppure per la pressione litostatica dovuta al seppellimento (R.N. GINSBURG 1957, F.G. STEHLI, J. HOWER 1961, R. G. C. BATHURST 1964, G. M. FRIEDMAN 1964, E. G. PURDY 1965). Vi è la generale tendenza ad estendere ai sedimenti carbonatici antichi questa opinione, la quale d'altra parte non è condivisa da tutti gli studiosi dei sedimenti carbonatici attuali e recenti, come vedremo in seguito.

Gli Autori che estendono ai carbonati antichi l'opinione corrente sulla litificazione dei carbonati attuali sono assai numerosi. Tra questi mi sembra opportuno citare A. BOSELLINI, coi suoi studi sulla Dolomia Principale (1965, 67), poiché l'A. utilizza questa opinione come base di partenza per trarre una logica conseguenza riguardante il significato degli intraclasti; ed è proprio questa conseguenza che, credo, può servire, meglio di qualsiasi altra considerazione, a confutare, con un procedimento inverso, l'opinione di base. L'A. (1965) riporta l'opinione che la litificazione dei sedimenti carbonatici possa avvenire solo in ambiente subaereo oppure a notevole profondità sotto il fondo del mare e, poiché gli intraclasti e più in generale tutti i frammenti carbonatici sono testimoni della litificazione subita dal sedimento, ricava una logica conseguenza: « gli intraclasti e tutti gli elementi detritici carbonati, quando non siano in relazione ad estese e profonde lacune stratigrafiche, indicano un processo di litificazione avvenuto in condizioni subaeree ». Quindi per il fatto che l'intera serie della Dolomia Principale è caratterizzata dalla presenza di livelli intraclastici e breccie intraformazionali, l'A. conclude che la Dolomia Principale è stata periodicamente esposta all'azione subaerea.

A parte il presupposto su cui si basa, mi sembra che tale conclusione sia accettabile per un tipo di sedimento quale è la Dolomia Principale, ad ambiente di sedimentazione intercotidale e subcotidale, dove

già l'ambiente intercotidale presuppone la temporanea emersione. Ma la conseguenza sul significato degli intraclasti, che è tratta giustamente come unica alternativa all'opinione corrente sulla litificazione, è davvero accettabile in tutti i casi? Se si dimostra che tale conseguenza non è sempre accettabile non si può accettare neppure il presupposto su cui si basa, e ritengo che sia proprio la presenza degli intraclasti in svariati tipi di rocce, deposti in ambienti più profondi di quello intercotidale o subcotidale, a rappresentare il principale dato che si contrappone all'idea che i sedimenti carbonatici non si possano litificare sul fondo del mare.

Da innumerevoli studi sui sedimenti carbonatici antichi, che qui non è il caso di citare, risulta che in tali sedimenti gli intraclasti sono molto frequenti. Per questi sedimenti quindi bisognerebbe ammettere, ogni volta che compaiono degli intraclasti, una successione di deposizione - erosione - risedimentazione, come sarebbe avvenuto per la Dolomia Principale, secondo l'opinione di BOSELLINI, anche quando tali sedimenti dimostrano per forti spessori una notevole uniformità di facies: ciò implica una notevole costanza dell'ambiente di sedimentazione e quindi, in questi ipotetici sussulti del fondo marino, un continuo ripetersi delle stesse condizioni di sedimentazione dopo le varie emersioni.

L'uniformità in senso verticale caratterizza soprattutto i sedimenti carbonatici deposti in ambiente relativamente profondo ed anche questi possono contenere intraclasti o più in generale frammenti carbonatici ad ambiente di deposizione simile a quello del materiale che li avvolge (ad es. il Cretaceo del Vaiont: D. ROSSI 1968): in questi casi soprattutto non mi sembra accettabile l'idea che in tali sedimenti si siano alternate fasi subaeree e fasi sottomarine, caratterizzate queste ultime da una profondità relativamente costante (come dimostra l'uniformità dei sedimenti); in tali casi bisognerebbe ricorrere a ripetuti sussulti di entità costante e piuttosto bruschi, dato che nei sedimenti non vi sono tracce di ambienti intermedi tra quello di deposizione e quello di emersione.

Nelle formazioni mesozoiche della Regione Dolomitica gli intraclasti sono molto diffusi: è possibile pensare che in questa regione, tutto questo lungo lasso di tempo possa essere stato caratterizzato da alterne fasi di emersione e di sommersione? In tal caso poi nelle serie avrebbero dovuto prendere importanza, direi forse addirittura prevalente, quei sedimenti che rappresentano condizioni ambientali intermedie tra quelle continentali e quelle marine, le evaporiti cioè, che invece sono strettamente localizzate in pochi piani.

Le obiezioni all'opinione corrente mi sembrano tanto più valide in questo caso, in quanto recentemente da più parti, anche molto autorevoli, sono stati sollevati dei dubbi sulla validità di tale opinione anche solo per quel che riguarda strettamente i sedimenti carbonatici attuali. J. MILLIMAN (1966), G. MECARINI, G. SHIMAOKA e D. C. KRAUSE (1966) A.G. FISCHER, R. E. GARRISON (1967) riportano esempi di litificazioni avvenute sul fondo del mare.

Per J. MILLIMAN (1966): « *The occurrence of planktonic foraminiferal limestones on the tops of guyots and seamounts . . . poses a problem for those who propound only subaerial lithification* ». E più avanti: « *Induration of the planktonic oozes by subaerial or intertidal exposure . . . would require either a great eustatic drop in sea level, or emergence followed by rapid submergence. Since neither explanation seems likely, one is left with the alternative hypothesis of submarine lithification* ».

A. G. FISCHER e R. E. GARRISON (1967) riportano esempi di sedimenti carbonatici a Globigerine, recenti, litificati sul fondo del mare. Gli AA. chiudono il riassunto della loro nota nel seguente modo: « *We conclude, contrary to widespread opinion, that calcite can be precipitated chemically in seawater, and that carbonate sediments can become lithified on the sea floor* ».

W. H. TAFT (1967), nella parte riguardante i sedimenti carbonatici attuali (pp. 29-50) del volume « *Carbonate Rocks - Origin, Occurrence and Classification* », che fa parte dell'autorevole serie « *Developments in Sedimentology* », edita da CHILINGAR, BISSELL e FAIRBRIDGE, dopo aver riportato un esempio di litificazione di carbonati recenti, avvenuta a suo parere sul fondo del mare, conclude (pag. 47): « *Lack of a continuous record of shallow - water carbonates possibly could account for the apparent absence of widespread lithification of modern carbonate sediments. It is puzzling that depositional environments with 8-10 ft. of modern sediments and 6-10 ft. of overlying water show no evidence of cementation. Inasmuch as most modern carbonates are less than 6.000 years old, possibly this is an insufficient time for the process of cementation to take place* ».

Si può dire che negli sviluppi delle nostre conoscenze sul problema della litificazione dei carbonati, stia ora succedendo quanto è già successo per il problema della dolomitizzazione: fino a poco tempo fa si riteneva che non esistessero sedimenti dolomitici attuali, ma in questi ultimi anni ne sono state scoperte vaste aree. Allo stesso modo i fondali carbonatici

litificati che sembravano assenti, incominciano ad essere scoperti solo ora, coll'intensificarsi delle ricerche, e sembrano divenire via via più importanti.

Per concludere, se si può accettare l'idea che i sedimenti carbonatici attuali si consolidano più rapidamente in condizioni subaeree, mi sembra azzardato pensare che la litificazione attualmente possa avvenire solo in ambiente subaereo, ed ancora più azzardato sostenere che la litificazione dei sedimenti antichi possa essersi verificata solo in ambiente subaereo o dopo il seppellimento.

## CONCLUSIONI

Sulla base di quanto è stato esposto e discusso sui tre problemi, tra i più importanti, credo, dei sedimenti carbonatici, mi sembra si possa concludere nel seguente modo.

I sedimenti carbonatici attuali, le loro caratteristiche fisiche, chimiche e mineralogiche, di struttura e di tessitura, sono in equilibrio con le condizioni fisiche e chimiche dei loro mari; e così le caratteristiche dei sedimenti carbonatici antichi devono essere state in equilibrio con le condizioni fisiche e chimiche dei mari corrispondenti.

Vi è una generale concordanza nell'ammettere che nei vari tempi le condizioni fisiche e chimiche hanno subito dei cambiamenti, almeno sotto certi aspetti (si veda ad esempio FAIRBRIDGE 1967) e quindi le condizioni di sedimentazione, di litificazione, di dolomitizzazione, ecc. nei vari tempi devono essere state per certi aspetti diverse.

Certamente i risultati dello studio dei sedimenti carbonatici attuali potranno dare utili indicazioni nella ricostruzione degli ambienti a sedimentazione carbonatica del passato; tuttavia mi sembra pericoloso voler identificare tutti i sedimenti carbonatici antichi a questo o a quello dei sedimenti carbonatici che si formano attualmente, come se nei mari attuali fosse raccolta in sintesi tutta quanta la storia sedimentologica della nostra terra, col risultato di trasformare la varietà delle condizioni che il buon senso ci induce a sospettare, in una lunga serie di monotone sequenze, continuamente ripetute.

In « *Carbonate Rocks and Paleoclimatology in the Biogeochemical History of the Planet* » (1967), R. W. FAIRBRIDGE conclude nel seguente modo: « *The range of marine carbonates today reflects conditions that have only been valid since Cretaceous times, and earlier (neritic) distri-*

*bution requires a quite distinctive standard for appraisal ». Ed ancora: « It must be concluded, finally, that great caution must be exercised about reaching any deductions from long-range calculations, especially those going back to Precambrian. One is not dealing with a closed system in the carbonates. Instead, they constitute a vital biogeochemical group that is intimately bound up with the nature and course of early physiologic evolution, of which scientist know little; furthermore this evolution is set in a planetary environment, the basic dimensions of which are not yet agreed upon ».*

RIASSUNTO – *Si discutono le relazioni tra i sedimenti carbonatici antichi ed i sedimenti carbonatici attuali. Per tale discussione vengono utilizzati tre argomenti, tra i più importanti e suggestivi di quelli che riguardano i sedimenti carbonatici; essi sono: le scogliere, le dolomie, la litificazione dei sedimenti carbonatici.*

*Si conclude che certamente lo studio dei sedimenti carbonatici attuali potrà dare utili indicazioni nella ricostruzione degli ambienti a sedimentazione carbonatica del passato. Tuttavia è pericoloso voler riferire tutti i sedimenti carbonatici antichi a questo o a quello degli ambienti carbonatici attuali, come se nei mari attuali fosse raccolta in sintesi tutta quanta la storia sedimentologica della nostra terra, col risultato di trasformare la varietà delle condizioni che il buon senso ci induce a sospettare, in una lunga serie di monotone sequenze continuamente ripetute.*

SUMMARY – *The relationships between modern carbonate sediments and carbonate deposits in the geologic record are here examined and discussed. The three subjects considered in this discussion regard some of the most important aspects of carbonate sediments; namely, the reef and dolomite questions and carbonate lithification.*

*We conclude that the study of modern carbonate sediments may give useful indications of the origin of ancient limestones. It would be dangerous, however, to try to relate all carbonate deposits in the geologic record to one or another of the modern carbonate environments, as if there were gathered in present-day seas a synthesis of the whole history of the sedimentology of the earth, transforming, as a result, the variety of conditions common sense leads us to suspect, into a long series of monotonous, continually repeated sequences.*

## BIBLIOGRAFIA

- BATHURST R. G. (1964) - *Diagenesis and paleoecology*; a survey in: Approaches to paleoecology (Inbric e Newell editors), John Wiley e Sons, New York.
- BOSELLINI A. (1965) - *Analisi petrografica della « Dolomia Principale » nel Gruppo di Sella (Regione dolomitica)*. Mem. Geopal. Univ. Ferrara, Vol. I, Fasc. II, N. 3
- BOSELLINI A. (1967) - *La tematica deposizionale della Dolomia Principale (Dolomiti e Prealpi Venete)*. Boll. Soc. Geol. Ital., 86.
- CHILINGAR G. V. (1956) - *Relationship between Ca/Mg ratio and geologic age*. Bull. Am. Assoc. Petr. Geol., 40.
- CROS P. (1967) - *A propos de l'origine récifale de deux massifs ladino-carniens dans les Dolomites italiennes*. C. R. Somm. des Séances, Soc. Géol. de France, Fasc. 6.
- FAIRBRIDGE R. W. (1967) - *Carbonate rocks and paleoclimatology in the biochemical history of the planet*. In: Carbonate Rocks (Chilingar, Bissel e Fairbridge editors), Elsevier, Amsterdam.
- FISCHER A. G., GARRISON R. E. (1967) - *Carbonate lithification on the sea floor*. Journ. Geol., Vol. 75, N. 4.
- FRIEDMAN G. M. (1964) - *Early diagenesis and lithification in carbonate sediments*. Journ. Sed. Petr., Vol. 34, N. 4.
- FRIEDMAN G. M., SANDERS J. E. (1967) - *Origin and occurrence of dolostones*. In: Carbonate Rocks (Chilingar, Bissel e Fairbridge editors), Elsevier, Amsterdam.
- GINSBURG R. N. (1957) - *Early diagenesis and lithification of shallow-water carbonate sediments in South Florida*. In: Regional aspects of carbonate deposition (Leblanc e Breeding editors), Soc. Econ. Paleont. and Mineral., Spec. Publ., N. 5
- LECOMPTE M. (1958) - *Les récifs paléozoïques de Belgique*. Geol. Rund., 47 (I)
- LEONARDI P. (1955) - *Breve sintesi geologica delle Dolomiti Occidentali*. Boll. Soc. Geol. Ital., Vol. LVIII.
- LEONARDI P. (1961) - *Triassic coralligenous reefs in the Dolomites*. Ann. Univ. Ferrara, N.S., Sez. IX, Sc. Geol. e Mineral., Vol. III, N. 8.
- LEONARDI P. (1962) - *Il Gruppo dello Sciliar e le scogliere coralligene dolomitiche*. Ann. Univ. Ferrara, N.S., Sez. IX, Sc. Geol. e Mineral., Suppl. Vol. III.
- LOWENSTAM H. A. (1950) - *Niagaran reefs of the Great Lakes area*. Journ. Geol., Vol. 58, N. 4.
- MECARINI G., SHIMAOKA G., KRAUSE D. C. (1966) - *Submarine lithification of Globigerina ooze*. Geol. Soc. America, Program, Northeastern Sec. Mtg, Philadelphia.
- MILLIMAN J. (1966) - *Marine lithification of carbonate sediments*. Science, Vol. 153, pp. 994-997.
- PURDY E. G. (1965) - *Diagenesis of recent marine carbonate sediments*. In: Dolomitization and limestone diagenesis (Pray e Murray editors), Soc. Econ. Paleont. and Mineral., Spec. Publ., N. 13.
- ROSSI D. (1964) - *Il Trias medio e superiore nelle Dolomiti nord-orientali*. Atti Acc. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sc. fis., mat., nat., Serie VIII, Vol. XXXVII, Fasc. 5
- ROSSI D. (1967) - *Dolomitizzazione delle formazioni anisiche e ladino-carniche delle Dolomiti*. Mem. Museo Trid. Sc. Nat., Vol. XVI, Fasc. III.

- ROSSI D. (1968) - *Studio litologico della serie affiorante nella massa scivolata dal M. Toc (Vajont) il 9 ottobre 1963*. Mem. Museo Trid. Sc. Nat., Vol. , Fasc. .
- SHINN E. A., GINSBURG R. N., LLOYD R. M. (1965) - *Recent supratidal dolomite from Andros Island, Bahamas*. In: Dolomitization and limestone diagenesis (Pray e Murray editors), Soc. Econ. Paleont. and Mineral., Spec. Publ., N. 13.
- STEHLI F. G., HOVER J. (1961) - *Mineralogy and early diagenesis of carbonate sediments*. Journ. Sed. Petr., Vol. 31, N. 2.
- TAFT W. H. (1967) - *Modern carbonate sediments*. In: Carbonate Rocks (Chilingar, Bissell e Fairbridge editors), Elsevier, Amsterdam.
- TEODOROVICH G. I. (1959) - *A contribution on the origin of limestone and dolomite*. Intern. Geol. Rev., I (3).