

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXII.

1915

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXIV.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1915

Biologia. — *Una ipotesi biologica sulla deposizione dello zolfo durante l'epoca gessoso-solfifera.* Nota II di G. BARGAGLI PETRUCCI, presentata dal Corrisp. P. BACCARINI.

Per spiegare la struttura *soriata* del minerale solfifero, il Mottura è costretto a ricorrere alla ipotesi che il materiale solfureo subisse delle alternative regolari annuali; sia che esso fosse rappresentato da idrogeno solforato, sia che esso consistesse in solfuro di calcio. Queste oscillazioni annuali sarebbero state in rapporto, secondo l'A., con i diversi periodi, piovosi od asciutti, dell'annata; ed a conforto di questa supposizione egli cita il caso delle *maccalube*, che appunto vanno soggette ad oscillazioni nel corso dell'anno. Tale supposizione non sarebbe in contrasto con la ipotesi biologica, perchè è naturale che, se mancasse per un certo tempo al lavoro microbico il materiale primo solfureo (che però non è necessario alla vita dei microorganismi), il processo di deposizione dello zolfo subirebbe una sosta; pronto a riprendere il suo andamento normale appena le condizioni ritornassero favorevoli.

Dubito però assai che tali periodi di ricchezza e di scarsità del materiale solfureo avrebbero potuto essere così fortemente diversi fra loro e così nettamente distinti da far succedere, a straterelli ricchissimi in zolfo, altri straterelli che non ne contengono affatto, o ne contengono tracce insignificanti. Piuttosto è da pensare se, nella successione delle stagioni, non si sia verificato il caso che durante periodi invernali l'attività dei microorganismi non abbia dovuto essere sospesa. In questo caso l'idrogeno solforato — non più ossidato, come prima, dai microorganismi — si sarebbe disperso nell'atmosfera, mentre al fondo delle acque si sarebbe depositato il solo calcare.

Il Mottura pensa che nella struttura *soriata* si possa leggere il numero di anni che il deposito ha impiegato a formarsi: « La struttura venosa », egli dice, « si osserva meglio nello stesso giacimento della solfara (di Sommatino) che costituisce la solfara di Riesi. In ogni caso, tuttavia, la media dello spessore complessivo degli straterelli componenti un periodo non supera i 7 millimetri. Tenendo calcolo di questo fatto, si può arguire che la durata del tempo impiegato nella formazione di questa miniera non fu minore di 4000 anni. Alcune solfate si sarebbero formate in un tempo molto minore, cioè da 500 a 1000 anni.

« Se ora si osserva che in alcune località i depositi di zolfo cominciano a formarsi allorchè in altre località i depositi erano già da lungo tempo cessati, si può arguire che la durata dell'epoca solfifera, propria-

« mente detta, nell'ipotesi ora espressa, non è probabilmente inferiore ai « 10.000 anni ».

Nella ipotesi biologica questo rilievo sul significato delle piccole stratificazioni non cambia sostanzialmente di valore: solo, invece di vedere, in esse, dei periodi alternanti di piogge e di siccità, o di maggiore o minore abbondanza di materiale sulfureo, si dovrebbero vedere le alternative di attività e di riposo della vita vegetativa microbica, e si conterebbero gli anni in questi depositi non altrimenti che nelle sezioni dei tronchi di alberi annosi.

Il che viene poi ad essere, praticamente, lo stesso.

Ma vi sono solfare nelle quali queste stratificazioni mancano, o sono poco marcate. Ciò potrebbe essere avvenuto in quei luoghi nei quali la temperatura delle acque si manteneva presso a poco costante, mantenendo così ininterrotta la vita microbica durante tutto l'anno.

Vi sono luoghi nei quali lo zolfo ha aspetto pulverulento, amorfo, e questo aspetto concorda assai bene con il modo di deposizione che supponiamo, giacchè l'azione di microorganismi, agenti nella massa acquosa, avrebbe determinato una continua formazione di minutissime particelle di zolfo. In altri luoghi invece lo zolfo non è così uniformemente distribuito ed invece è sparso in masse, spesso cristalline, in mezzo al calcare che serve da matrice. Questo modo di presentarsi corrisponderebbe piuttosto all'azione di germi filamentososi della famiglia delle *Beggiatoacee*, che si raggruppano o si intrecciano in ammassi più o meno importanti, e che lasciano poi lo zolfo in uno stato fisico favorevole alla sua cristallizzazione.

Vi è poi una varietà della struttura soriata, nella quale, fra lo straterello di zolfo e quello sovrastante calcareo, si osserva un piccolo spazio vuoto, guarnito, in alto, di cristalli di calcite con le punte rivolte in basso, e in basso, di cristalli di zolfo rivolti verso l'alto. L'assetto ed il consolidamento del deposito di zolfo ha determinato la formazione dello spazio vuoto, dove per azioni secondarie, del tutto inorganiche, la calcite e lo zolfo hanno potuto cristallizzare.

I così detti *partimenti*, che dividono in alte zone il deposito di zolfo, sono costituiti da marne o gessi, generalmente bituminosi, in strati di non grande spessore. Si può pensare che questi strati corrispondano a periodi di anni nei quali il processo biologico fu sospeso, ed il materiale inorganico fu abbandonato alle pure forze fisiche e chimiche; ma la causa di tali sospensioni rimarrebbe in ogni modo un poco oscura, benchè si possano fare ipotesi anche a questo proposito. Le condizioni dell'ambiente, del materiale portato dalle acque, la temperatura, l'accumulo dei prodotti stessi della vita microbica, ecc. ecc., potrebbero avere determinato questi periodi di assenza di attività vitale, durante i quali i residui della vita si andavano accumulando al fondo insieme con le sostanze inorganiche, fino a che la vita dei microorganismi non divenne nuovamente possibile.

* * *

Data la presenza costante di un banco di tripoli al disotto degli strati solfiferi, resta ancora da domandarsi: queste due formazioni rappresentano soltanto due successivi stadii biologici che si sono succeduti per le mutate condizioni di vita e per la comparsa di nuovi esseri che si sono sostituiti agli antichi, oppure fra le due formazioni può essere esistito un legame anche più stretto, nel senso che le vegetazioni più antiche, ed i loro resti, possono essere stati la causa determinante dei fenomeni biologici successivi?

Parlando dell'origine della lagonite ⁽¹⁾, e delle terre gialle e bolari ⁽²⁾, ho esposto l'opinione, basata sui fatti osservati, che un substrato algoso sia favorevolissimo allo sviluppo, almeno iniziale, di batteriacee del tipo del *Bacillus ferrigenus*, ed ho fatto osservare come anche nella regione boracifera toscana si trovi quasi sempre un substrato di alghe sotto le incrostazioni di ferro che per lo più sono dovute alla azione di microorganismi ferrigeni. In quella regione, anche le incrostazioni di zolfo sono spesso accompagnate di un substrato algoso: e non è quindi inverosimile che le alghe siano appunto il luogo favorevole, almeno al primo inizio della attività batterica. Ciò che si osserva nella regione boracifera per i piccoli depositi attuali, sarebbe avvenuto nelle cave di terre gialle dell'Amiata e nelle cave di zolfo dell'epoca solfifera.

Del resto, nella regione boracifera, spessissimo, sotto bianche incrostazioni calcaree, miste ad acido borico, si incontra un rigoglioso sviluppo di alghe verdi. Ma su questo punto sono ancora insufficienti i dati che ho potuto raccogliere.

Dunque la vegetazione di diatomee che ha dato origine al tripoli sarebbe stato il substrato adatto allo sviluppo dei microorganismi ossidanti: quali siano i rapporti fra le due vegetazioni microscopiche, è argomento ancora da studiare e che meriterebbe di esserlo. Per ora possiamo ritenere, in via generale, che la vegetazione algosa fornisca a quella batterica sostanze utili al suo sviluppo sia col suo metabolismo in vita, sia con la sua decomposizione dopo la morte.

In alcuni luoghi della formazione solfifera accade, benchè rarissimamente, di riscontrare l'assenza del banco di tripoli, che talvolta è rappresentato da calcare siliceo, altre volte non è rappresentato affatto. Così secondo il Mottura, nella *solfara Trabonella*, all'est di Caltanissetta, si osserva che al disotto dello zolfo non si incontra che calcare siliceo e gessi, mentre manca il vero tripoli: e lo stesso fatto si riscontra anche al monte S. Cataldo,

⁽¹⁾ *L'origine biologica della lagonite*, loc. cit.

⁽²⁾ *Sull'origine biologica della terra di Siena*, loc. cit.

dove il tripoli esiste soltanto mescolato al calcare. In questi casi probabilmente i resti delle diatomee non hanno formato un deposito di pura silice, ma hanno lasciato i loro resti mescolati al calcare che si andava depositando. E del resto non le sole diatomee possono fornire ai batterii un substrato favorevole, ma anche altre alghe verdi non silicee, come è dimostrato da quanto avviene attualmente a Larderello.

Lo zolfo che si è depositato nei casi ora citati non forma dunque una eccezione alla regola.

Se si esamina la sezione, tracciata dallo stesso Mottura, del monte Sabbuccino, attraverso la solfara Giordano all'Inucio ed il monte Fico d'India sino al monte Fagaria, si osserva che, mentre alla solfara Giordano esiste un forte banco di tripoli sovrapposto alle marne e sottostante al minerale di zolfo, verso il monte Fagaria invece alle stesse marne succede un calcare privo di zolfo, e mancano ugualmente il tripoli e lo zolfo. Probabilmente, in quel punto non si riscontravano le condizioni necessarie allo sviluppo degli esseri microscopici, e manca affatto il prodotto del loro lavoro. Queste due formazioni appaiono sempre più legate fra loro da strettissimi rapporti che molto probabilmente sono di natura biologica.

Della origine dell'idrogeno solforato, che a questi fenomeni avrebbe fornito il materiale, non è mia intenzione di parlare. Che esso provenisse da emanazioni di natura vulcanica, o da riduzione di gessi o da altre cause ancora, non cambia valore alla ipotesi emessa, e non intendo affrontare anche questo problema: solo osservo che non è da escludere che quelle non piccole quantità di sostanze organiche, che dovevano essere contenute nei grandi banchi di tripoli, possano essere state sottoposte ad un processo di fermentazione, probabilmente anaerobia; uno dei prodotti della quale avrebbe potuto essere l'idrogeno solforato, che più in alto sarebbe stato sottoposto ad un nuovo processo biologico, per opera dei microorganismi ossidanti.

Così anche in questo senso la vegetazione di diatomee avrebbe potuto contribuire alla formazione dei depositi di zolfo.

*
* *
*

Uno sguardo alla carta geologica, annessa alla « Descrizione geologica della Sicilia » di L. Baldacci, è molto istruttiva, perchè da essa si rileva facilmente quale è la posizione delle varie solfate più importanti, di fronte ai diversi terreni geologici che costituiscono l'isola.

I depositi di zolfo sono generalmente presso ai confini fra i terreni miocenici e quelli pliocenici.

Quelli che si trovano nella zona di Caltanissetta, quelli di Riesi, Caltagirone, Aidone, Valguarnera ecc., circondano come una corona la zona pliocenica verso il centro della quale si trova Piazza Armerina. Anche le solfate di Calascibetta, Castrogiovanni, Girgenti, Cattolica ecc., che non fanno

parte di questa corona, si trovavano tutte sui confini di altre aree di terreno pliocenico.

Soltanto alcune solfate sembrano fare eccezione a questa regola. Quella di Lercara Friddi si trova sul confine tra la formazione miocenica e quella eocenica. Ciò può derivare da erosioni avvenute su vasta scala che abbiano asportato in gran parte il terreno pliocenico, come sembra ritenere il Baldacci; ma potrebbe anche derivare da una maggiore antichità del deposito solfifero. Tale possibilità è ammessa dallo stesso autore per un altro deposito, quello di Gibellina, nel quale si osservano le seguenti varianti nella disposizione degli strati:

« Lo strato solfifero, che è a ganga calcarea, riposa su un banco di « veri tripoli, con scaglie di pesci, libellule, ecc.; questo strato, avvicinandosi alla superficie, cambia natura, e passa a tufo nero con banchi arenosi. Al disopra dello strato vi è una serie di banchi di argille bituminose, analoghe a quelle ora descritte, con straterelli venosi, e su questi riposa un potente strato di tripoli in perfetta concordanza con lo strato solfifero: la serie si termina in alto coi calcari silicei e coi trubi che formano la cima del monte del Sonno. Dall'accurato esame di questo giacimento risulta che si deve rigettare qualunque ipotesi di una faglia che abbia riportato in alto i tripoli; questi sono indubbiamente superiori allo strato solfifero, e identici a quelli che ne formano il letto. Questo strato appartiene, a mio credere, ad un'epoca anteriore a quella solfifera, e forse è sarmatiano come i tripoli a cui è associato. Già vedemmo, più sopra, che nei tripoli della galleria della Sinatra si trovano lenti di calcare solfifero intercalato; analoghi fatti si osservano a Contaceto presso Serradifalco e a Montedoro, e del resto non vi è nessuna difficoltà a credere che le manifestazioni endogene, che dettero origine alla formazione di zolfo, possano in circostanze speciali essere avvenute prima dell'epoca solfifera propriamente detta ».

Del resto in alcuni luoghi è stata osservata una vera alternanza fra strati di tripoli e strati solfiferi.

Mettendo tali osservazioni in rapporto con la teoria biologica della formazione dello zolfo, si potrebbe pensare che quei depositi più antichi siano stati i luoghi nei quali per la prima volta si sono manifestati i complessi fenomeni biologici di ossidazione dell'idrogeno solforato e di deposizione dello zolfo in presenza di microorganismi; siano stati cioè, per così dire, i centri di infezione dai quali gli opportuni germi sarebbero poi passati negli altri bacini, lacustri o lagunari, fino ad invadere una gran parte della Sicilia. Nè vi è nulla in contrario a ritenere che in uno stesso bacino si siano alternate più volte le condizioni necessarie per lo sviluppo dei due tipi di vegetazione, quella a diatomee e quella batterica, producendo negli strati una alternativa dei prodotti delle due diverse vegetazioni.

In Toscana, nella provincia di Siena, presso Lornano, esistono cave di zolfo, da non molto tempo sfruttate industrialmente e non ancora studiate in modo esauriente nella loro paleontologia (1). L'escavazione del materiale, relativamente superficiale, non ha ancora condotto al ritrovamento dei tripoli che quasi certamente esistono; lo zolfo si trova talvolta cristallizzato, più spesso in stato amorfo sotto forma di ammassi o di incrostazioni imprigionate nella ganga; abbondano residui vegetali lignificati.

Si ha l'impressione che questo deposito abbia avuto origine in ambiente paludoso fangoso che rammenterebbe le incrostazioni sulfuree dei fanghi della regione boracifera. La materia organica sarebbe stata fornita dai detriti di vegetali superiori abbondantissimi, anche se mancasse, cosa che non credo, il sottostante tripoli, al quale penso si debba attribuire in generale una grande parte del fenomeno.

Il deposito solfifero di Poggio Orlando (Lornano) è di origine lacustre, al contrario della massima parte dei depositi di zolfo che hanno origine salmastra, e si trova in terreno miocenico (2).

Quanto ai depositi soliferi della Romagna, essi si trovano in posizione geologica analoga a quelli della Sicilia, e ad essi si possono applicare, senza eccezione, le considerazioni fatte per questi ultimi.

*
* *

Ho più volte detto che durante il periodo di deposizione dello zolfo la vita algosa (specialmente a diatomee) si rallentò e si spense, ma forse non giunse mai nella maggior parte dei casi ad estinguersi del tutto: e infatti lo Spezia (3) e principalmente lo Stella (4) trovarono tracce di diatomee in molti calcari soliferi della Sicilia e della Romagna, mentre il Manasse non ne trovò nei campioni del Senese da lui esaminati, senza però potere escludere che se ne possano trovare ad un esame più esteso ed accurato (5).

L'importanza di questo fatto è dallo Stella rilevata con le seguenti parole: « Rispetto alla genesi dei giacimenti di zolfo possiamo già affermare « che si debba aggiungere un concetto nuovo, giacchè nelle *rocce a zolfo* « noi non abbiamo soltanto elementi di origine meccanica e altri di deposito chimico, ma anche una porzione di origine organica. Ora, se si pon

(1) Manasse E., *I minerali della cava di zolfo di Poggio Orlando presso Lornano in provincia di Siena*. Atti della Soc. tosc. di sc. nat., vol. XXIII, Pisa 1907. — Pantanelli, *Di alcuni giacimenti soliferi della provincia di Siena*. Boll. d. Soc. geol. ital. vol. XXII, Roma 1903.

(2) Manasse, loc. cit.

(3) Spezia, *Sull'origine dello zolfo nei giacimenti soliferi della Sicilia*, Torino 1892.

(4) Stella A., *Sulla presenza di fossili microscopici nelle rocce a zolfo della formazione gessoso-solfifera*. Boll. d. Soc. geol. ital., vol. XIX, Roma 1900.

(5) Manasse, loc. cit.

« mente all'insieme dei fossili macroscopici e microscopici della formazione
« solfifera produttiva siciliana, e se si confrontano da un lato col complesso
« dei fossili del sottostante tripoli e dei sovrastanti trubi, dall'altro coi fos-
« sili delle restanti formazioni gessoso-solfifere in generale, non si può far
« a meno di riflettere che dessa formazione solfifera produttiva, nonostante le
« differenze importanti rispetto alle formazioni che la comprendono, mostra
« una continuità di ambiente ben maggiore di quanto non si sospettasse; e ri-
« spetto alle formazioni collaterali equivalenti, è lungi dal presentare quella
« pronunciata anormalità che si suole generalmente supporre ».

La differenza fondamentale fra la genesi degli strati solfiferi e quella degli strati equivalenti non solfiferi consisterebbe principalmente in questo: che la deposizione dei primi sarebbe avvenuta sotto l'azione di una speciale Flora microscopica, prevalentemente costituita da batteriacee ossidanti, mentre quella dei secondi si sarebbe verificata per opera di sole forze fisico-chimiche, o in presenza di una Flora microbica diversa, non dotata delle stesse proprietà biochimiche.

* * *

Al disopra del minerale di zolfo sta la formazione dei gessi che ricoprono non solo questi depositi, ma anche altri terreni. In questi strati più non si incontrano quelle sostanze che danno un caratteristico aspetto bituminoso ai gessi che qua e là sono compresi nella formazione solfifera: essi sembrano liberi di sostanza organica (Mottura).

La loro estensione, maggiore di quella dei sedimenti solfiferi, mostra che i gessi costituiscono una formazione indipendente da questi. Non si trova dunque in essi, almeno finora, alcun indizio che possa far pensare ad una azione biologica qualunque.

Il processo biologico deve essersi spento in coincidenza col cominciare della deposizione di questo composto; e qui non è dunque niente altro da notare se non il fatto che nelle soluzioni di solfuro sodico che venivano mantenute, sterili, in condizioni identiche a quelle delle culture di *B. ferrigenus* e che a tali culture servivano di controllo, la trasformazione del solfuro seguì la via normale di ossidazione passando successivamente a solfito e solfato. Siamo dunque, per quanto riguarda la formazione di depositi di solfato di calcio, nel puro campo dei fenomeni chimici e fisici; e nulla ci autorizza ad invocare un intervento biologico.