

FORME DI CORROSIONE DOVUTE A MICRORGANISMI OSSERVATE NEL GRUPPO DEL CIVETTA (ALPI DOLOMITICHE) (*)

Le note seguenti si riferiscono ad osservazioni geomorfologiche effettuate nel gruppo del Civetta (Alpi Dolomitiche), con particolare attenzione ad alcune microforme di carsismo superficiale, su pareti calcaree ad alta quota (2200 m.), dovute all'attività di microrganismi.

L'area delle osservazioni, in particolare, è il sottogruppo del Monte Moiazza (fig. 2): un massiccio dolomitico-calcareo che si estende per circa 30 kmq., tra la valle del Cordevole e la Valle di Zoldo, e tocca con la sua vetta più elevata l'altitudine di m. 2878.

Il massiccio, nelle sue linee stratigrafiche e tettoniche essenziali, consta di una formazione basale di dolomia principale del Trias superiore (Norico e Retico), potente circa 600 m., sovrastata da un'altrettanto potente formazione di calcari puri del Giurese inferiore (Lias). Le formazioni basali, fino a quota 2400-2500, mantengono una stratificazione regolare, mentre la zona delle vette rivela abbondanti disturbi tettonici, tra i quali il più notevole è un grande sovrascorrimento di vetta che interessa la parte sommitale dell'intero gruppo del Civetta (R. Colacicchi, 1960).

L'aspetto morfologico di maggior evidenza è l'elaborazione dovuta al glacialismo antico: i fianchi della montagna presentano varî circhi, chiamati localmente *van*, di escavazione glaciale, com-

(*) Lavoro eseguito, con un contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche, presso l'Istituto di Geografia dell'Università di Padova.

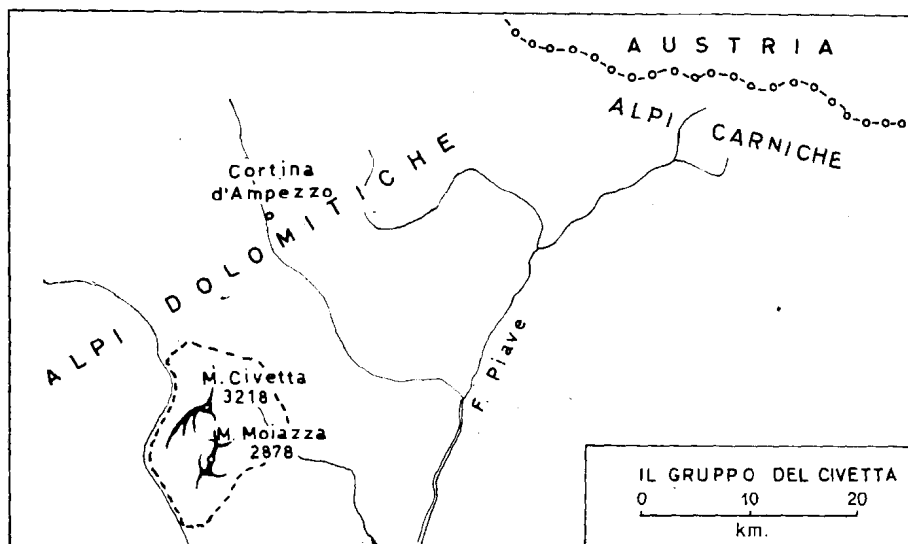


FIG. 1.

presi fra i 2000 e i 2500 m. di altitudine. Questi circhi sono ora praticamente abbandonati dai ghiacci: i loro fianchi sono completamente scoperti ed il fondo, ingombro solo in piccola parte di nevai, presenta, tra le morene, numerose superfici rocciose levigate dallo scorrimento glaciale.

Su tali superfici compaiono abbondanti i segni della corrosione: si notano i tipici solchi di dissoluzione, distribuiti irregolarmente sulle superfici pianeggianti, oppure orientati, talora con rigoroso parallelismo, sulle superfici mediocrementemente inclinate. L'esempio di una vasta superficie a solchi carsici è visibile nella fig. 3. Data la notevole varietà di forme, che per certi aspetti rientrano tra i tipi di *lapiez* conosciuti nella letteratura geografica e per altri aspetti se ne discostano, illustrerò in una ulteriore nota i vari tipi riconosciuti in questo gruppo montuoso e la loro presumibile interpretazione genetica. In queste pagine mi limiterò ad accennare ad alcune forme particolari in cui si riconosce chiaramente l'azione corrosiva dei microrganismi.

Tali forme compaiono sui fianchi dei circhi, specialmente su pareti verticali compatte, levigate dallo scorrimento glaciale,

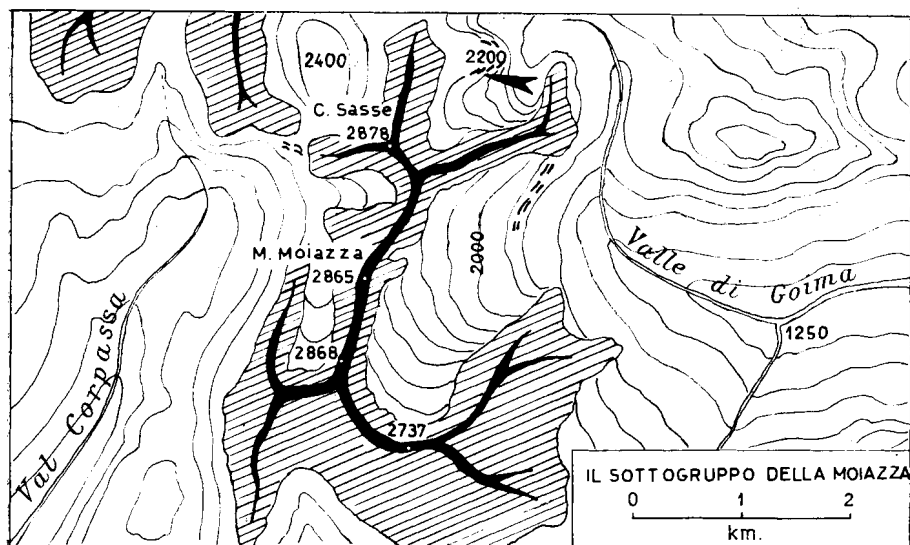


FIG. 2.

non intaccate ancora dalla disgregazione fisica e interessate da diffusi stillicidi.

Il fenomeno si nota in molte località del gruppo, ma è stato osservato in particolare nel *van* della Moiazzetta (fig. 4). Questo *van* è scavato nel fianco orientale di Cima delle Sasse (m. 2878) e ha caratteristiche di circo specialmente nella parte superiore, tra 2250 e 2400 m., dove il fondo è meno inclinato e cosperso di nevai e detriti; a quote inferiori esso assume l'aspetto di un ampio e poco profondo vallone che degrada rapidamente verso la conca della Grava (m. 1650). Fra quota 2100 e quota 2200 il fianco sinistro di questo vallone è costituito da una parete verticale che manifesta su grandi superfici il fenomeno della corrosione da microrganismi (fig. 4).

La parete corrosa è di calcari del Lias, assai puri, regolarmente stratificati e leggermente inclinati verso est. La stratificazione è ben marcata da « cenge », larghe qualche decimetro, che percorrono a vari livelli la parete e sono, in genere, ricoperte di *humus* e inerbate. Anche nelle zone soprastanti il terreno è ab-



FIG. 3 — UN ESEMPIO DI «LAPIEZ» NEL «VAN» DELLA MOIAZZA.

(fot. A. De Fanti)

bondantemente rivestito di *humus* con copertura vegetale erbacea e di pino mugo.

La parete è esposta a SSE, così che è ben soleggiata fino al primo pomeriggio, mentre nelle ore successive entra presto nella zona d'ombra proiettata da Cima delle Sasse e dai suoi contrafforti orientali.

L'innevamento della zona è abbondante e duraturo: le prime nevi fanno la loro comparsa talvolta fin da ottobre, e in giugno la coltre nevosa è, spesso, ancora continua fino a quota inferiore ai 2000 metri.

La parete in argomento, essendo verticale e relativamente alta (60-80 m.), non è mai a contatto diretto con le nevi; queste hanno però notevole relazione con il fenomeno della corrosione, perché, durante il periodo della fusione, alimentano a lungo stillicidi che interessano vaste superfici della parete stessa. Anche durante l'estate lo stillicidio, alimentato da acque piovane, è frequente e relativamente prolungato.

Le acque di stillicidio in alcuni punti attraversano l'intera parete lungo la medesima verticale; in altri punti invece i rigagnoli scaturiscono o si estinguono a vari livelli, sia perché le cenge



FIG. 4 — FIANCO SINISTRO DEL «VAN» DELLA MOIAZZETTA.
In alto: visione complessiva; in basso: la parete interessata dalla corrosione.
(fot. A. De Fanti)



FIG. 5 — ASPETTI DELLA ROCCIA CORROSA LUNGO LE CENGE DELLA PARETE.
(*fol. A. De Fanti*)

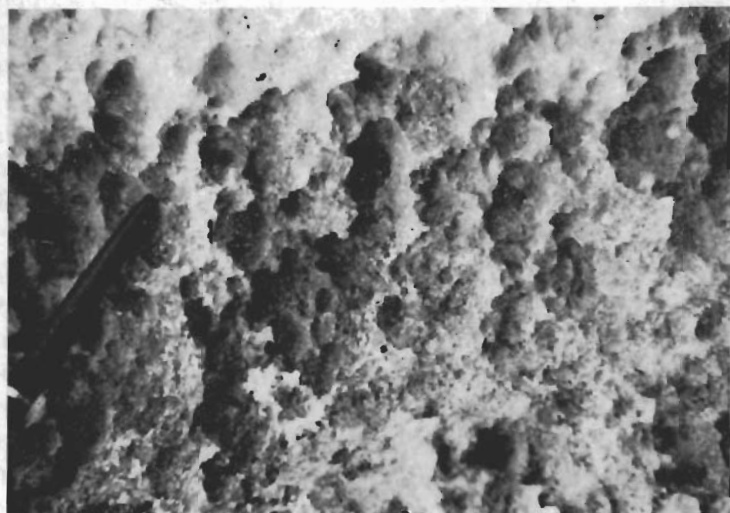


FIG. 6 — ALTRI ASPETTI DELLA ROCCIA CORROSA.

A sinistra: solchi tappezzati di alveoli di corrosione; a destra, particolare degli alveoli.

(*fol. A. De Fanti*)

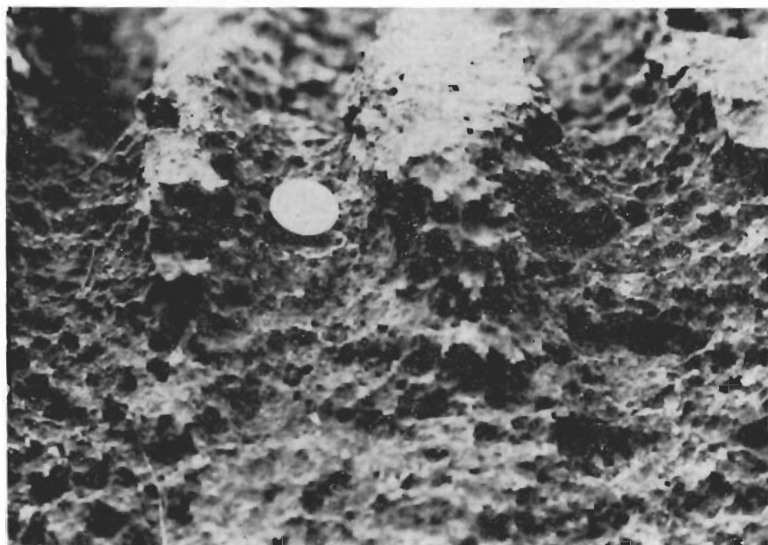


FIG. 7 — PARTICOLARI DELLA ROCCIA CORROSA.

Nella fotografia in basso si noti come a pochi centimetri di distanza da un piccolo colatoio la roccia asciutta non presenti corrosione. Gli alveoli si distribuiscono invece abbondantemente sulle superfici raggiunte dallo stillicidio.

(fot. A. De Fanti)

raccogliono e fanno deviare le acque che scorrono superficialmente, sia perché le acque attraversano internamente gli strati e, scorrendo sui piani di stratificazione, riescono a scaturire un po' dappertutto sulla parete. In ogni caso, però, lo stillicidio è accompagnato da una singolare corrosione della roccia: infatti, in ogni parte, sia dove i rigagnoli scorrono abbondanti e a lungo, sia dove le gocce cadenti sprizzano bagnando solo ad intermittenza la roccia, si osservano innumerevoli fossette scavate nel calcare e ricoperte di una patina scura (figg. 6 e 7). Questi incavi, visti da vicino, hanno l'aspetto di alveoli del diametro di 3 o 4 mm. e con forma grossolanamente emisferica; essi intaccano fittamente la roccia e sono scavati spesso gli uni sul fondo degli altri. Con il progredire della corrosione essi tendono a ingrandirsi sia in profondità sia in larghezza: i diaframmi divisorî vengono così sempre più assottigliati, fino a essere perforati o demoliti del tutto. La roccia assume pertanto un aspetto minutamente ma estremamente accidentato: le superfici si presentano cosparse di perforazioni e irte di punte e di creste tanto sottili da sbriciolarsi sotto la pressione delle dita (fig. 8).

Il colore prevalente della roccia corrosa è nerastro, dovuto ad una patina scura diffusa quasi dappertutto; a un'osservazione più attenta molti alveoli, in genere i più profondi, appaiono privi di questa patina e ricoperti invece da uno straterello, ora biancastro, ora cinereo.

La diffusione degli alveoli è evidentemente legata alla presenza dello stillicidio: infatti le superfici rocciose non interessate dalle gocce, o perché sporgenti a pilastro, o perché protette da mensoloni sovrastanti, non presentano alveoli di corrosione, che si fanno invece fittissimi lungo le direzioni percorse dalle gocce o inumidite dagli spruzzi (fig. 7). Dove i rigagnoli scorrono più frequenti e abbondanti si sono scavati addirittura dei solchi, che assomigliano ai solchi di dissoluzione sparsi un po' ovunque sulla montagna, ma con il fondo e le pareti interne completamente ricoperte di alveoli di corrosione (figg. 6 e 7). Talvolta questi solchi, dopo aver attraversato superfici meno inclinate, raggiungono pareti strapiombanti: le gocce, allora, non più contenute dalle pareti del solco, colano lungo direzioni divergenti o cadono liberamente, sprizzando lateralmente ed allargando la

zona interessata dallo stillicidio. I solchi perdono così la loro individualità e sfumano in una moltitudine di alveoli che buche-rellano la roccia adiacente.

E' da notare infine che le rocce corrose hanno tutte la caratteristica di essere sovrastate da zolle o terreni ricchi di *humus*, dai quali le acque scolano lentamente e a lungo.

L'osservazione al microscopio di frammenti di roccia asportati dalla parete e tagliati normalmente alla superficie rivela come tutti gli alveoli siano tappezzati da uno straterello bianco-cinereo dello spessore di 1/10 di mm. circa. Tale strato si presenta come una massa polverulenta a secco e come una poltiglia dopo inumidimento; alla sua base, a diretto contatto con la roccia, si osserva un addensamento di organismi sferoidali verdastri. A ingrandimenti maggiori si osservano in questo straterello moltissimi microrganismi in vivace agitazione (probabilmente batteri delle Micrococcacee), mentre i corpuscoli sferoidali a contatto con la roccia sono costituiti da una cloroficea unicellulare appartenente probabilmente alle Protococcacee.

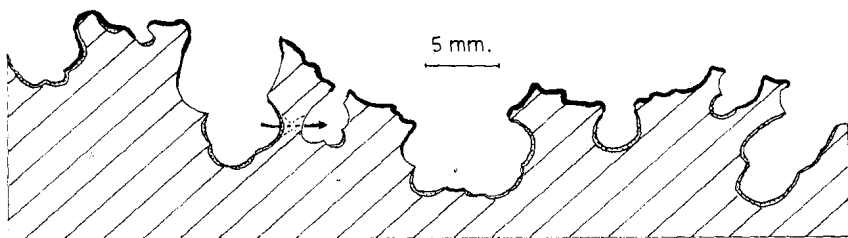


FIG. 8 — PROFILO DELLA SUPERFICIE DELLA ROCCIA CORROSA.

Le parti più esterne sono ricoperte da una patina scura, mentre il fondo degli alveoli è in genere bianco-cinereo.

Esteriormente allo straterello ora descritto se ne osserva un altro, all'incirca dello stesso spessore e di colore più biancastro: anch'esso è costituito da innumerevoli batteri in agitazione, da rari organismi unicellulari verdi già osservati nello strato sottostante e inoltre da ammassi globulari o filamentosi di alghe verdi.

In superficie i due predetti straterelli sono quasi dappertutto ricoperti da un terzo strato più scuro, di maggiore spessore, più

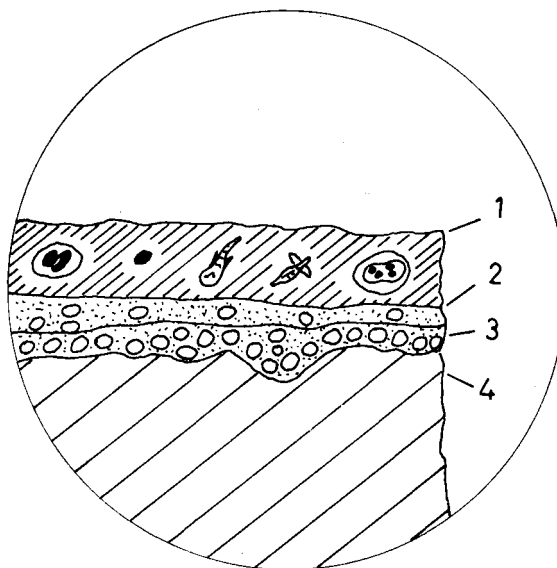


FIG. 9 — INGRANDIMENTO DI UNA SEZIONE NORMALE ALLA SUPERFICIE DI UN FRAMMENTO DI ROCCIA RICOPERTO DI PATINA SCURA (v. fig. 8).

1, strato esterno scuro, ricco di organismi (Diatomee, Rivulariacee, Crococcacee, Batteri); 2, strato biancastro mediano; 3, strato profondo con addensamento di alghe verdi unicellulari contro la roccia; 4, roccia intatta.

(Negli straterelli incrostanti sono ovunque presenti innumerevoli batteri).

irregolare e più ricco di organismi dei sottostanti. Accanto ai batteri, che sono ovunque abbondantissimi, si osservano ammassi di filamenti verdastri tozzi ed appuntiti con le caratteristiche della *Calothrix parietina* o della *Rivularia minutula* (Rivulariacee) e organismi sferoidali verdastri, contenuti in involucri gelatinosi incolori o rossastri, costituiti presumibilmente da *Glaeocapsa rupestris* e *Glaeocapsa sanguinea* (Crococcacee) (Kutzing); si osservano inoltre, con minore frequenza, diatomee, filamenti incolori non settati e corpuscoli unicellulari più scuri.

La presenza di questi microrganismi, il loro addensarsi contro la roccia sul fondo degli alveoli, la forma di questi e la costante concomitanza dello stillicidio dimostrano che le forme di corrosione descritte sono dovute all'azione combinata dell'acqua e di microrganismi vegetali. L'acqua, con la sua presenza quasi continua e con le sostanze asportate dall'*humus* sovrastante, assicura agli organismi non solo l'ambiente adatto ed indispensabile per lo sviluppo, ma anche il mezzo per diffondere le sostanze capaci di intaccare la roccia e per asportare i composti solubili derivanti

dalla corrosione. I microrganismi, da parte loro, favoriti dalla forma a otre degli alveoli e dalla poltiglia che li riveste, tratten-gono abbondantemente l'acqua, la sfruttano per il loro metabo-lismo, la arricchiscono di sostanze corrosive e orientano l'attività di queste verso i punti dove sono maggiormente addensati.

Già è stato fatto notare come questa corrosione intacchi la parete con differente intensità: gli alveoli si assomigliano dapper-tutto, ma, mentre in alcune parti si distribuiscono uniformemente su vaste superfici, in altre penetrano più profondamente nella roccia scavando veri e propri solchi. Per quanto riguarda que-st'ultimo tipo di corrosione, si può presumere che esso si sia impostato su tracce di solchi preesistenti, analoghi a quelli che si osservano su tutto il fondo del *van* e dovuti evidentemente a prevalenti fattori chimici; tali solchi possono aver favorito la raccolta di acque e creato un ambiente adatto allo sviluppo dei microrganismi che hanno poi elaborato profondamente i solchi stessi dando loro un aspetto del tutto particolare. Attualmente però, anche lungo questi solchi, la semplice dissoluzione chimica sembra un fattore di secondaria importanza di fronte agli effetti della corrosione biochimica.

Si può concludere che dissoluzione chimica e corrosione do-vuta a microrganismi sono fattori che hanno agito e agiscono in concomitanza, ma con differente intensità e distribuzione: in passato, quando la zona era abbondantemente coperta da nevi e ghiacci, la dissoluzione chimica era certamente il fattore predo-minante; tuttora essa resta la causa prevalente delle modificazioni delle zone di fondo del *van*, dove innevamento e scorrimenti di acque e di nevi sono anche attualmente abbondanti. I fattori biochimici furono forse meno attivi in passato, quando l'ambiente era meno favorevole allo sviluppo di organismi vegetali, e si sono affermati in seguito, specialmente sulle pareti meno disturbate dalla dissoluzione e dalla disgregazione.

In ogni caso il tipo di corrosione sopra descritto è da inserire nel complesso dei fattori riguardanti le microforme carsiche su-perficiali della zona.

Nella letteratura carsica viene di solito dato ampio rilievo ai

fattori chimico-fisici responsabili del carsismo, mentre le azioni biochimiche non sono forse tenute nella considerazione che meriterebbero, e, pur essendo da tutti riconosciuta l'importanza dei vegetali in genere e dei microrganismi in particolare nelle trasformazioni carsiche, non è facile trovare l'argomento trattato direttamente e specificamente, specialmente per l'ambiente di alta montagna.

B. Smyk e M. Drzal (1964) hanno approfondito tale problema, con l'intento non solo di sottolineare l'importanza del fatto, ma di specificare quali gruppi di microrganismi siano prevalentemente impegnati nelle trasformazioni dei calcari e quale sia la loro attività metabolica ed il loro grado di aggressività sulle rocce, sia in superficie sia in profondità. Le loro ricerche, effettuate in genere a quote relativamente basse in Polonia, Jugoslavia, Svizzera e Cecoslovacchia, hanno rivelato nel suolo la presenza di una ricca flora, formata di batteri aerobi ed anaerobi, con chemiosintesi o fotosintesi, di alghe e di funghi attivamente e diffusamente impegnati nei processi di soluzione e decomposizione delle rocce calcaree, tanto da non poter essere assolutamente trascurati nello studio della genesi e dell'evoluzione del carsismo di tali terreni.

In armonia con tali conclusioni si può affermare che anche nella zona d'alta montagna, osservata in particolare nel gruppo del Civetta, non sono da trascurare, nel complesso delle forme carsiche, queste dovute ad azioni biochimiche di microrganismi; tali azioni, pur non avendo effetti vistosi come la dissoluzione o la gelivazione, sono certamente responsabili di una corrosione diffusa, continua e penetrante e presentano forme tanto più interessanti in quanto compaiono su pareti nude e verticali e a quote elevate.

Quali siano i gruppi biologici ai quali appartengono i microrganismi osservati, quali siano i loro processi metabolici, quali le sostanze corrosive elaborate e con quale intensità esse agiscano sulle rocce rimangono ancora interessanti problemi di risolvere.

BIBLIOGRAFIA

- CASTIGLIONI B., *Il Gruppo della Civetta (Alpi Dolomitiche)*, « Mem. Ist. Geol. Univ. di Padova », IX, Padova, 1931, pp. 83.
- COLACICCHI R., *Le dislocazioni delle cime (Gipfelfaltungen) nelle Dolomiti. Gruppo del Civetta*, « Mem. Ist. Geol. e Min. Univ. di Padova », XXII, Padova, 1960, pp. 50.
- CORBEL J., *Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe et de quelques régions de comparaison. Étude sur le rôle du climat dans l'érosion des calcaires*, Lione, Inst. des Etudes Rhodaniennes, 1957, pp. 541.
- JONES R., *Aspects of the Biological Weathering of Limestone Pavement*, in « Proceed. of the Geologist Ass. of London », Londra, vol. 76, P. 4, 1965, pp. 421-433.
- SMYK B. e DRZAL M., *Untersuchungen über den Einfluss von Mikroorganismen auf das Phänomen der Karstbildung*, in « Erdkunde », Bonn, 1964, pp. 102-113.

SUMMARY. — Notice is given about corrosion forms due to biochemical processes on limestone on high mountain cliffs (M. Moiazza, Dolomites).

The microorganisms (Bacteria, Cyanophyta and unicellular Chlorophyta) nestle in small alveoli (3-5 mm.) thickly hollowed in solid limestone along the zones of dripping. Getting on the corrosion these alveoli become larger and deeper, so that the separating diaphragms are pierced or destroyed and the rock assumes a spongy appearance.

This phenomenon is clearly one of the factors responsible for the karst surface microforms of this region.