

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCCXVI.

1919

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXVIII.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1919

Geologia. — *Il problema dell'evoluzione dell'idrografia carsica sotterranea.* Nota I di P. SAVINI, presentata dal Socio E. MILLOSEVICH.

J. Cvijić, l'illustre professore dell'Università di Belgrado, che da molti anni va occupandosi attivamente dello studio dei fenomeni carsici, nel fascicolo IV del tomo VI della « Recueil des travaux de l'Institut de Géographie Alpine » (Grénoble, 1918), ci dà uno sguardo d'assieme dei fenomeni carsici, quali gli sono apparsi dallo studio delle cavità sotterranee delle regioni carsiche in genere e di quelle della sua patria in particolare. Già nel 1893 egli aveva pubblicato un lavoro complessivo sui fenomeni carsici, nel quale questi sono opportunamente classificati e descritti secondo le conoscenze che se ne avevano allora; ed in seguito ci diede pure vari altri studi di regioni carsiche, d'interesse non solo regionale ma anche generale.

Poche questioni poterono appassionare i geografi e gli idrologi in questi ultimi anni quanto quella delle condizioni della circolazione sotterranea delle acque entro i massicci calcarei, in altre parole, dell'*idrologia carsica*, e quella del così detto ciclo di erosione carsico. La controversia aveva assunto persino il carattere di polemica, e, ciò che è peggio, addirittura di polemica personale. Data dunque l'importanza dell'argomento, che viene a conferire alla questione un nuovo carattere di attualità, sia anche perchè recentemente cercai con altri concetti, non molto dissimili, di risolvere in modo definitivo lo stesso problema, credo di qualche interesse riassumere il succitato studio geologico-speleologico, rilevando le analogie e le divergenze che passano fra la teoria del geologo serbo e quella da me ideata.

L'Autore, che considera il problema in una forma generale, esaminandolo dal punto di vista dello sviluppo delle idrografie sotterranee nelle regioni carsiche, svolge la tesi che questo sviluppo, il quale ha luogo a cominciare dalla superficie, in seguito ad un progressivo approfondimento delle idrografie stesse, dà luogo, a processo compiuto, all'esistenza di tre successive zone idrografiche, cioè:

1) La *zona secca*, la quale è costituita dalla parte più superficiale del massiccio calcareo, ed è caratterizzata da una siccità quasi assoluta. Le fessure e le cavità sotterranee di questa zona sono percorse da qualche corrente d'acqua solo durante il periodo delle piogge, e in essa mancano quasi del tutto le sorgenti, e il movimento delle acque è per lo più quello dall'alto in basso. I corsi d'acqua ascendenti, propri della zona idrografica sottostante, vi mancano quasi del tutto.

2) La *zona di transizione idrografica*, che presenta due caratteristiche, l'una permanente, l'altra temporanea. In questa si constata anzitutto l'esistenza di vene d'acqua costanti, talora veri corsi d'acqua; nel periodo delle piogge, lo scarico delle acque verso il basso è rallentato localmente od arrestato, sia da strozzature delle fessure e delle cavità sotterranee, sia dall'influenza di corsi d'acqua ascendenti, provenienti dalla zona soggiacente. Queste acque ascendenti appaiono allora, in forma di sorgenti, nelle depressioni carsiche, le quali però nelle altre stagioni rimangono asciutte.

3) La *zona costantemente percorsa dall'acqua*, che è la più profonda, trovandosi al di sotto del fondo delle depressioni carsiche. Essa è troncata solo dalle valli allogene incavate fino allo strato impermeabile. Tutte le fessure in questa zona sono percorse da masse d'acqua più o meno voluminose, che discendono lentamente verso la profondità, rallentate dall'aderenza, come pure dalla forma, grandezza e ramificazione dei canali sotterranei, che sono spesso disposti a sifone. L'acqua è spesso arrestata e costretta a risalire, onde si sviluppano corsi d'acqua ascendenti, i quali, sotto la pressione idrostatica, penetrano in tutte le fessure e rimontano nella zona di transizione e, delle volte, più in alto ancora. È egualmente l'acqua di questa zona che sgorga nelle sorgenti sottomarine della costa adriatica.

Queste tre zone idrografiche non rimangono immutabili, ma, come s'accennò, ciascuna tenderebbe a svilupparsi progressivamente verso il basso, mentre anche l'abbassamento del massiccio calcareo fino al livello impermeabile si effettuerà costantemente per opera della degradazione atmosferica. Le tre zone non sono neppure sempre presenti, mentre, all'incontro, assai varie possono essere le particolari condizioni locali, come l'Autore cerca di far notare con alcuni esempi caratteristici.

Da questo esame, la Memoria del Cvijić ci appare quindi, nel suo complesso, come un prezioso sguardo d'insieme dei fenomeni carsici, mentre invece non troppo chiara e non sempre convincente riesce la sua spiegazione allorché essa giunge alla parte conclusiva. L'Autore stesso ci confessa (a pag. 379) che, assorbito da altre ricerche, ancor nel 1909 non era riuscito a coordinare i fatti, a rifletterli sufficientemente e a formarsi delle opinioni ben fissate, il che intese fare appena nel suo lavoro che pubblicò di recente. Questa imprecisione potrà apparire ancor meglio dalle sue stesse spiegazioni, che ora esaminerò nelle loro particolarità, e ponendole di fronte agli accertamenti fatti, allorché, anni or sono, mi accinsi a studiare le regioni carsiche della Venezia Giulia.

Premesso che le condizioni idrologiche possano essere assai diverse da una regione carsica a un'altra (tra la Carsia Giulia con un'ossatura di calcari cretacei e la penisola balcanica, caratterizzata dalla presenza di calcari amorfi o dolomitizzati dell'era triassica) a seconda dell'altezza e dell'estensione del rilievo carsico, del modo e del grado di fessurazione, del regime

delle piogge, della presenza e dell'estensione di strati impermeabili intercalati o laterali, del tempo da cui il processo carsico si è iniziato, e finalmente dei movimenti orogenetici di innalzamento o di abbassamento che possono essersi verificati o verificarsi nella regione, i risultati delle osservazioni non dovranno necessariamente essere gli stessi, indifferentemente se ottenuti da ricerche in territorî dei calcari cretacei o mesozoici. Questa circostanza, già rilevata dal Cvijić nel suo lavoro (a pag. 404), mentre ammette la possibilità che la profonda conoscenza della costituzione geologica di una determinata regione possa modificare i principî generali dell'idrografia stati precedentemente stabiliti per quei luoghi, non esclude invece il pericolo delle teorie troppo semplici e la mancanza di critica di chi le applica.

Di fronte a quel complesso di argomenti e di fatti addotti dall'Autore nel suo lavoro, potrebbe sembrare di poco valore una statistica contraddittoria, tanto più che questa dovrebbe essere studiata caso per caso, sul posto, tenuto conto delle speciali situazioni geologiche e idrologiche della regione. Pur tuttavia, uno di questi casi, che non rientra nello schema, troppo semplicista, del Cvijić, sarebbe quello che considera la particolare funzione di ogni singola zona idrografica, il quale non sembra destinato a mantenere e rafforzare di nuovi argomenti e di nuove prove la posizione fondamentale che il professore serbo, con l'ideazione della sua teoria, erasi creata. Questo caso, che più degli altri viene a rendersi importante, ben differentemente è apparso dall'esplorazione stessa delle caverne, di quanto ce lo descrive il nostro Autore, la cui teoria, per vero dire, non sempre risponde a un concetto intuitivo. Le contraddizioni, in cui egli incorse, si renderanno maggiormente manifeste dai seguenti passi:

(A pag. 395-396): « *Les venues d'eau ascendante que nous rencontrerons souvent dans la zone hydrographique inférieure y manquent (nella zona secca) presque complètement: l'écoulement des eaux dues aux précipitations n'y est pas arrêté par des cours d'eau ascendants* ». A pag. 383 tale opinione vi si trova alquanto modificata, asserendo l'Autore che « *il y a même des cas, rares assurément, où des sources sont apparues* (indubbiamente attraverso la così detta zona secca) *dans les maisons des paysans du Karst* ». Alla pag. 398, ove tratta della III zona idrografica, l'Autore asserisce infine che in essa « *se développent les cours d'eau ascendants qui, sous la pression hydrostatique, pénètrent dans toutes les fissures et remontent dans la zone de transition, parfois même plus haut encore. Dans cette zone, ils empêchent la descente des eaux venues de la partie supérieure et provoquent ainsi de nouveaux courants ascendants qu'on voit apparaître au fond des poljes les plus élevés et même des ouvalas les plus profondes* ».

Non sempre corrispondente è pure l'ipotesi che l'Autore emette (a pag. 397) in riguardo alla presenza o assenza di cavità sotterranee nella « zona costantemente percorsa dall'acqua ». « *Déjà dans la zone de transition — egli*

scrive — *les cavités souterraines sont beaucoup moins nombreuses ; ici, les grottes deviennent une rareté* ».

Per la spiegazione di tale sua teoria, il Cvijić tiene conto tanto delle idee del Martel, quanto di quelle del Grund, accostandosi però, nella parte sostanziale, decisamente a quelle dello speleologo francese. Per quanto egli non lo rilevi espressamente, dalla sua esposizione emerge chiaramente, che egli si appoggiò soprattutto a induzioni puramente logiche e a generalizzazioni forse troppo sempliciste. Rigettò, senza discuterle, le opinioni del Grund, il quale ritenne che la spiegazione più naturale per la circolazione sotterranea delle acque carsiche era quella di considerare il massiccio di calcare fessurato come imbevuto fino a una certa altezza da un'unica massa d'acqua, che dovrebbe riempire tutte le fessure e le cavità intercomunicanti, analoga alle falde acquifere che imbevono i terreni alluvionali, dette *falde freatiche*, perchè da esse si attinge l'acqua coi pozzi. Egli chiamò perciò questa massa d'acqua profonda semplicemente « *acqua di fondo* » (*Grundwasser*) ⁽¹⁾, e la immaginò limitata da una superficie soggetta a forti oscillazioni coll'alternarsi dei periodi piovosi ed asciutti. Questa rappresentazione il Cvijić avrà avuto certamente presente quando iniziò lo studio delle regioni carsiche e delle acque sotterranee da cui quelle sono percorse. Fin dalle prime osservazioni dovette però trovarsi affatto disorientato, e la teoria dei così detti « pratici », seguita da una valorosa schiera di esploratori, a capo dei quali era il Martel, dev'essergli sembrata certamente più corrispondente. Lo speleologo francese aveva spinto il suo ardimento nelle più profonde voragini e nelle più impervie caverne delle regioni calcaree di Francia, del Belgio, della Carsia

⁽¹⁾ Scartai del tutto la definizione di « *acque di fondo* » (*Grundwasser*) per distinguere le acque sotterranee scorrenti su terreni non assorbenti, da quelle attraversanti entro canali orizzontali i massicci calcarei, perchè assolutamente non appropriata. Qui si tratta in realtà di *acque freatiche semplicemente scorrenti* su terreni impermeabili soggiacenti ai massicci calcarei permeabilissimi. Di natura diversa sono invece le *falde freatiche salienti*, le quali alimentano i pozzi artesiani, e si trovano racchiuse entro strati impermeabili. In nessun caso però queste acque possono considerarsi come « *acque di fondo* ». Nel loro lavoro sotterraneo, esse giunsero a compenetrare appena uno strato superficialissimo dell'epidermide, per così dire, della Terra, che è data dalla sua dura cortecchia. Così che, se si riduce la Terra ad 1 : 10,000,000, ossia ad uno sferoide di circa metri 1,27 di diametro, persino le più vaste depressioni oceaniche, che oscillano fra i 4,000 e i 5,000 metri sotto il livello della superficie, non apparirebbero su tale sfera che come lievissime ammaccature di meno di mezzo millimetro di entità; e le più eccelse montagne ed i più profondi abissi del mare appena si potrebbero scorgere come leggeri increspamenti ed esigui infossamenti di meno d'un millimetro di grandezza. Dato adunque il loro ristretto raggio di azione, e data, soprattutto, la loro superficialità, come si possono ritenere tali acque sotterranee come « *acque di fondo* »? Che rappresentano infatti sulla Terra quei sedimenti superficiali che esse riescono ad attraversare prima di trasformarsi in vapore? Essi sono appena come lievi ammaccature di tre o quattro millimetri di entità sopra una sfera di tredici metri di diametro.

Giulia, di Grecia e degli Stati Uniti d'America, constatando in tal modo *de visu* l'andamento delle acque sotterranee. Egli discese con mirabile ardire nei profondi pozzi o *avens* delle Causses e con imbarcazioni portatili potè percorrere gran parte delle grotte di Postumia e delle altre cavità percorse dalla Piuca sotterranea. In questo caso, egli, con Schmidl, Kraus ed altri, potè affermare di aver seguito il corso sotterraneo del fiume, che riappare a Nord sotto il nome di Oncia, per scomparire nuovamente e ritornare di nuovo alla luce nei pressi di Nauporto, col nome di Lubiana. Analogamente si potè seguire per lungo tratto nelle ampie caverne di S. Canziano del Carso il Timavo superiore, che in esse si precipita e scompare; poi l'acqua chiude ogni accesso ulteriore, costituendo un passaggio forzato foggiato a sifone; ma era convinzione popolare che il virgiliano Timavo, corpo d'acqua che sbocca come fiume già formato presso S. Giovanni di Duino nella baia di Monfalcone, e dopo soli 1750 metri di percorso va a perdersi in mare, non fosse altro che la risorgenza del Timavo superiore, nascente alle falde del monte Catalano. Tale tradizione parve confermata anche quando, il 6 aprile 1841, Antonio Federico Lindner, essendo riuscito a discendere, dopo un paziente lavoro di sgombero di materiale franato, alla collina di sabbia esistente al fondo della grotta di Trebiciano, al cui piede, alla profondità di ben 322 metri, scorreva un vero fiume: evidentemente, si disse, il Timavo sotterraneo.

Questi esempi, e numerosi altri consimili, avevano formato la convinzione che l'acqua scorresse entro i massicci calcarei in vene, ruscelli e fiumi, attraverso canali liberi, qualche volta interrotti da sifoni, ma che, prescindendo da ciò e da altre particolarità, somigliassero a corsi d'acqua superficiali, mentre mancherebbero falde acquose simili a quelle dei terreni di imbibizione. Di fronte a questo nuovo complesso di argomenti e di fatti, che si potrebbero moltiplicare, e con cui il concetto dei « teorici », capitanati dal Grund, certamente non venne a conciliarsi, gli speleologi non tralasciarono di mettere in evidenza le smentite che l'esperienza dava alla teoria, e tutti i fatti particolari che parevano in contraddizione con essa. Il Grund si difese caso per caso, cedendo, in trincee successive, un po' di terreno, riconoscendo cioè una complessità di fenomeni che non rientrava tutta nello schema primitivo, secondo il suo dire, troppo semplicista. Ma nè allora nè poi il problema della circolazione sotterranea delle acque nelle regioni carsiche potè ritenersi definitivamente risolto. Coll'aumentare del numero degli studiosi della materia, si moltiplicarono pure le ipotesi; e la questione, che sino ad oggi aveva continuato a sfidare la perspicacia dei geologi e degli speleologi, non cessa perciò di rimanere un problema insoluto.