

Che cosa è l'acqua che noi beviamo

Tra i ricordi dell'attività professionale di mio padre, che diresse per molti e difficili anni gli Acquedotti di Bologna, conservo sul mio scrittoio un pezzo di tubo di ferro del diametro di cm. 7 e dello spessore di mezzo centimetro, il cui cavo è quasi totalmente riempito da depositi di carbonato di calcio.

È un cimelio del vecchio acquedotto del Comune di Casalecchio di Reno. Prima di essere alimentato dalla sottocorrente del T. Setta, come è attualmente da quasi una quarantina di anni, lo era ad opera di acqua di sorgente, derivante dalle colline circostanti, fortemente ricca di bicarbonato di calcio. Da tali soluzioni si formarono le concrezioni alabastrine, di bella fattura, depositatesi in tale abbondanza da determinare l'impossibilità di flusso acqueo e, quindi, l'inutilizzazione del tubo per la sua quasi completa ostruzione.

Se è noto a tutti il fenomeno chimico, che si traduce nella reazione reversibile bicarbonato di calcio \rightleftharpoons carbonato di calcio, in seguito alla quale si depositò alabastro calcareo dalle acque carbonatiche, ritengo possa destare interesse la conoscenza dei risultati di una completa analisi chimica della concrezione sopraddetta, vale a dire di determinazioni volte alla ricerca anche di quegli elementi, diffusi in proporzioni piccole fino a piccolissime (inferiori, cioè, alle percentuali del 0,1 %), detti « elementi in tracce » o « elementi minori ».

La ricerca di essi si compie a mezzo di apparecchi moderni sensibilissimi chiamati *spettrografi*.

Per le mie determinazioni sull'ala-

bastro calcareo di Casalecchio di Reno ho utilizzato il grande spettrografo automatico Hilger con ottica intercambiabile in vetro e quarzo, in dotazione al Centro di Studio per la Petrografia del C.N.R. (Consiglio Nazionale delle Ricerche) presso l'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Bologna.

Da spettri successivi, onde carpire l'intero campo di lunghezze d'onda compreso tra 2.260 Å e 7.000 Å, la analisi spettrografica, eseguita, quindi, sia nel campo visibile che in quello dell'ultravioletto, ha rivelato la presenza dei seguenti elementi: alluminio, ferro, silicio, magnesio, manganese, fosforo, rame, sodio, stronzio e bario.

Oltre al calcio, al carbonio ed all'ossigeno, ci sono, quindi, altri 10 elementi, di alcuni dei quali, per lo meno, il profano certamente non ne avrebbe sospettata l'esistenza.

Donde proverranno gli elementi, che la spettrografia ci dimostra essere presenti con evidenza e indiscutibilmente?

L'acqua, che giunge ai vari acquedotti e che noi beviamo, dopo più o meno numerose filtrazioni e depurazioni, ad opera dell'uomo, quali vicissitudini subisce, prima di poterci dissetare e refrigerare?

Esaminiamo le acque, scorrenti sulla superficie della terra, cioè quelle dei fiumi, dei torrenti e dei laghi, convogliate in buona parte verso i mari. Sono soluzioni assai diluite, molto complesse, di ioni e di radicali ionici, fra cui prevalgono quelli del solvente: H^+ e OH^- . Di regola, in ordine decrescente di diffusione, vi sono:

CO_3^{2-} e HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , e Fe^{2+} e Fe^{3+} ,

(questi due ultimi rappresentano solo una parte del ferro, presente nella soluzione detta, perchè il resto si è dedotto trovarsi sottoforma di poliedri ottaedrici), Cl^- , SO_4^{2-} , HSO_4^- , Br^- , J^- , ed elementi in tracce (quali Cs^+ , Rb^+ , Li^+ , ecc.). Secondo i più moderni studi il silicio è presente sottoforma di gruppi SiO_4^{4-} , dove gli ossigeni sono disposti tangenti al silicio e tangenti fra di loro, in modo tale che i loro centri di equilibrio sono i vertici di un tetraedro, e l'alluminio è centrato, invece, da ottaedri Al X_6 (dove X è ossigeno oppure OH). Cito ancora un elemento, che ha un'importante storia geochimica per il suo ruolo nei fenomeni degli organismi viventi, il fosforo, che si suppone al centro di tetraedri PO_4^{3-} .

Poichè l'acqua è solvente più o meno attivo di tutti i minerali delle rocce, ne consegue che la quantità e la qualità dei diversi componenti disciolti dipende dalla composizione chimica delle rocce, da esse attraversate.

Gli ioni e gli aggruppamenti ionici sopraddetti derivarono, infatti, dai minerali, dai cui reticoli cristallini, in conseguenza di fenomeni chimico-fisici relativi all'alterazione, furono strappati dai brandelli con conseguente trasformazione dell'edificio strutturale primitivo, partecipe ai fenomeni idrolitici, in altri, propri di minerali, diversi dagli originari, fino alla completa distruzione delle strutture.

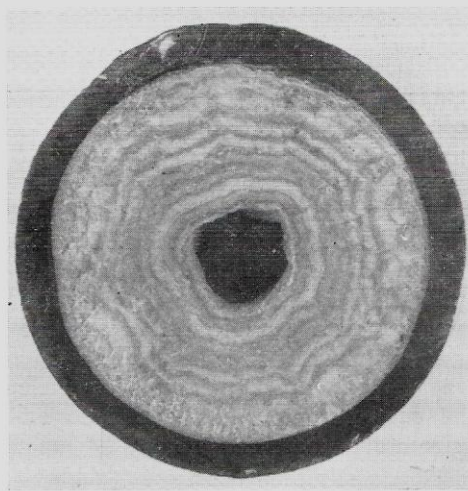
Così, per esempio, l'ortoclasio, il cui reticolo cristallino è caratterizzato dalla disposizione spaziale dei tetraedri di silicio, passa ad uno, tipico dei minerali argillosi, con locazione dei tetraedri in un piano. La storia geochimica dei vari elementi è diversa e quanto mai varia e interessante.

L'allontanamento degli ioni positivi dai reticoli dei minerali dipende, soprattutto, dall'energia di ionizzazione

dei singoli elementi e dai legami secondo cui sono trattenuti nell'edificio cristallino, cioè della loro valenza elettrostatica, per le sostanze che posseggono reticoli ionici.

La rimozione di un elemento da un reticolo cristallino, nel senso chimico dell'elettrolisi, corrisponde al suo passaggio da atomo a ione. In ordine di solubilità decrescente dei loro composti e di facilità di allontanamento da un reticolo, primi sono i metalli alcalini con tale sequenza: cesio, rubidio, potassio, sodio e litio. Seguono i metalli bivalenti alcalino-terrosi, ad energie di ionizzazione assai maggiori di quelle dei metalli suddetti, dovendosi attuare l'estrazione di due elettroni, anzichè di uno, per la loro trasformazione in ioni positivi bivalenti. Occorrono, perciò, potenziali più elevati di quelli richiesti per i metalli monovalenti.

Depositatesi, dunque, in situ o dopo trasporto, le parti insolubili costituite, soprattutto, da minerali argillosi, da silice e da idrossidi di alluminio, di ferro e di manganese, le acque, meglio,



Sezione di tubo d'acquedotto quasi totalmente ostruita da concrezioni di alabastro calcareo.

le soluzioni acquose diluitissime e complesse, di cui sopra, circolano in superficie, incanalate in torrenti e fiumi, sfocianti ai mari, oppure penetrano entro le rocce attraverso i pori ed i vari tipi di litoclasti.

Durante l'attraversamento dei vari strati rocciosi avviene una filtrazione naturale, la cui maggiore o minore intensità, tendente alla purezza delle acque, fisica e batteriologica, è proporzionale allo spessore della zona filtrante, al volume dei vuoti e, perciò, alla velocità ed alla modalità di discesa delle acque stesse.

Le acque sotterranee, di origine meteorica diretta o indiretta, in quanto tutte fanno parte integrante dell'idrosfera, da cui provengono, comprendono varie frazioni con proprietà e mobilità diverse. Fra esse possiamo rammentare: l'*acqua di idratazione e di imbibizione* (legate quasi chimicamente ai minerali delle rocce o agli ioni dissociati, oppure ospiti entro il reticolo cristallino); le *acque igroscopica*, di *adesione* e *capillare* (sottili strati ricoprenti la superficie delle particelle oppure riempienti i meati interparticellari); il *vapore acqueo* (il quale può trovarsi nelle rocce e nei terreni sottoforma di vapore, anche a temperatura inferiore a quella di ebollizione, e la cui presenza è legata, soprattutto, alla tensione di vapore) e le *acque di percolazione*, acque che, giunte con le precipitazioni e non trattenute da alcuna forza (quali forze di assorbimento, di tensione superficiale, di capillarità ed altre), scendono, quindi, verticalmente per gravità, talora spostandosi anche orizzontalmente, fino a raggiungere uno strato impermeabile, su cui scorrono o si accumulano originando le falde acquifere.

È quest'ultima porzione, dunque, che, soprattutto, concorre alla formazione delle *falde freatiche* ed a quelle *artesiane*.

Le prime sono accumuli di acqua

di saturazione entro una roccia permeabile, posta sopra uno strato impermeabile, dove vi giungono per percolazione o per movimenti causati dalla forza di gravità. Le falde artesiane sono, invece, le falde acquifere, racchiuse fra due strati impermeabili sovrapposti, in modo da riempire lo strato permeabile frapposto, tanto da generare una pressione idrostatica.

Dai due tipi di falde descritti deriva a noi l'alimento liquido, sì essenziale alla vita degli organismi tutti, per cui Frate Francesco, andava dicendo: «Laudatu si, mi Signore, per sor acqua, la quale è multo utile e humele e pretiosa e casta».

In particolare, per quanto riguarda la città di Bologna, di quali requisiti è dotata la nostra acqua potabile? Quali sono le sue peculiarità chimiche e batteriologiche?

Se sono noti i controlli analitici odierni, minuziosi e continui, eseguiti da esperti con i più moderni procedimenti, stimo interessanti alcune notizie sull'Acquedotto cittadino e, soprattutto, sulla purezza chimica e batteriologica delle sue acque, dalla loro origine e dai primi tempi dello sfruttamento, in quanto essa purezza costituì motivo determinante l'utilizzazione. Il nucleo dell'acquedotto di Bologna è dato dal complesso derivato dalle acque del T. Setta (nelle vicinanze della foce del T. Reno), progettato dall'ing. Zannoni (al principio della seconda metà del secolo scorso) riattivando l'antico Acquedotto Romano. La data di nascita dell'«Acqua potabile del Setta» è 5 giugno 1881.

Già nel 1882 comparve una pubblicazione («L'Acqua del rinnovato acquedotto presa alle fontane in Bologna») del dott. ALFREDO CAVAZZI, il quale riporta dati di analisi, eseguite con il contributo dell'allora studente in chimica DIODATO TIVOLI, su acque, prelevate da varie fontane della città

(fra cui quella di Piazza Aldrovandi).

Il CAVAZZI, già da quel tempo, notava come pregevole requisito della acqua del Setta la presenza, in seguito ad ebollizione, di soltanto una media di grammi 0,04 di CaO, sottoforma di CaSO_4 , e di piccole quantità di sali di sodio e di potassio e l'assenza di MgO e di ossidi di ferro.

Nel 1883 il Prof. ADOLFO CASALI pubblicò un'esauriente memoria (la prima ufficiale dal titolo « L'acqua del Setta e l'acqua dei pozzi di Bologna »), dove presenta un'ampia, scientifica relazione dei risultati di determinazioni chimiche, eseguite nel Laboratorio Chimico-Agrario nel 1875, sia sulle acque correnti e sia su quelle sottocorrenti del Setta, sia, infine, su quella potabile a Bologna.

I valori più interessanti, relativi all'acqua sottocorrente del Setta, sono quelli riferentisi all'aria totale in un litro d'acqua (cm^3 25,003), costituita da CO_2 (cm^3 6,593) e da ossigeno ed azoto (complessivamente cm^3 18,410), ed al residuo secco a 120°C , sempre in un litro (gr. 0,24), composto prevalentemente da CaCO_3 (gr. 0,024) e da CaSO_4 (0,0218), oltre che da cloruri di sodio, di potassio e di magnesio, da silice, da ferro e sostanze organiche. I risultati che pongono in rilievo i pregi di potabilità delle suddette acque al fine di un soddisfacente sfruttamento per le esigenze dell'economia domestica e dell'industria, furono a favore dell'attuazione del progetto, favorito dall'allora Sindaco Camillo Cesarini.

Le previsioni non delusero. Infatti, le prime analisi chimiche complete dell'acqua potabile (eseguite alla fine di ottobre del 1881, cioè cinque mesi dopo l'inaugurazione dell'acquedotto, su acque delle fontane del Nettuno e di via Solferino) fornirono i risultati, di cui sottolineo alcuni valori, e, precisamente, il contenuto dell'aria totale in un litro (rispettivamente cm^3 31,3 e cm^3 29,5, di cui il CO_2 libero è pari

ad un valore medio di circa cm^3 7,5) e quello del residuo secco totale a 120° , sempre in un litro, (rispettivamente gr. 0,28 e gr. 0,24), in cui prevale il solfato di calcio (gr. 0,095 e gr. 0,091), seguito da carbonato di calcio (gr. 0,077 e gr. 0,04) e da valori modestissimi di cloruri di magnesio e di metalli alcalini, di composti di ferro e di sostanze organiche.

Per cui si concludeva che l'acqua del Setta, per quantità e natura chimica dei gas e dei residui, soddisfaceva pienamente alle prescrizioni igieniche ed alle esigenze fisiologiche.

In conseguenza della proporzione dei residui, non superiori alla media di gr. 0,3 per litro, essendosi convenuto al congresso di Bruxelles del 1853 di proscrivere, in linea di massima, dagli usi domestici le acque, in cui il quantitativo dei residui raggiungesse gr. 0,5 per litro, si annoverava l'*acqua del Setta fra le acque potabili in senso stretto*.

L'acqua che attualmente beviamo sostanzialmente è ancora la medesima dal punto di vista qualitativo e quantitativo. È, dunque, selenitosa per la presenza di poco più di un terzo di solfato di calcio nel residuo secco di un litro, il quale residuo è costituito, inoltre, da circa un quinto di carbonato di calcio e da cloruri di metalli alcalini e di magnesio, da silice e, ancora, rivelati dallo spettrografo, da elementi in tracce quali fosforo, stronzio, ferro e alluminio.

Il carbonato di calcio, sciolto nell'acqua come bicarbonato per l'eccedenza di CO_2 , è di incontestabile utilità nelle funzioni digestive e nell'aumento e nella riparazione del tessuto osseo. Inoltre, l'anidride carbonica esercita azione eupeptica, stimolante la digestione e leggermente anestetizzante sulla mucosa gastrica, mentre gli ioni calcio è provato siano agenti regolatori del sistema nervoso ed indispensabili per la coagulazione del sangue, su cui

gli ioni magnesio hanno proprietà di anestetici, se in ragione di circa gr. 0,10 % allo stato di cloruro o di solfato. In piccole dosi, il magnesio provoca sul sistema cardio-vascolare un rallentamento dei battiti cardiaci e, contemporaneamente, un aumento della loro ampiezza, mentre, in più forti proporzioni, agisce come ipotensore.

Tutti sono edotti, per altro, della azione purgativa, rinforzata, d'altra parte, dagli ioni solforici, esercitata nell'intestino dagli ioni di tale elemento per il prodursi di un richiamo di acqua.

Il sodio ed il potassio, sempre secondo la Farmacopea ufficiale, influiscono in senso positivo, il primo quale stimolante della nutrizione, conservatore dell'equilibrio osmotico delle cellule, ematico e purgativo, il secondo, come agente rinforzante i battiti cardiaci, influente sull'abbassamento della temperatura e dotato di potere favorevole sul metabolismo. È utile rammentare, a questo proposito, che nel corpo umano si trova più potassio di sodio (precisamente, nel plasma vi sono circa gr. 0,22 di potassio per litro).

I diversi composti, dunque, che sono sciolti in quella soluzione diluitissima che è l'acqua che noi beviamo, rendono l'alimento liquido di prima necessità ancora più indispensabile all'organismo vivente.

Con ciò non si deve intendere che la nostra acqua potabile sia da definirsi minerale, perchè le percentuali dei soluti sono piccole.

Anche gli elementi in tracce, rivelati dalle analisi spettrografiche, contribuiscono all'aumento dei pregi dell'acqua. Il fosforo infatti, è utile, anzi, neces-

sario per l'organismo umano, che ne contiene circa gr. 1500 (quantitativo di fosforo espresso in acido fosforico). Occorre per la formazione della parte inorganica delle ossa, per la costituzione delle molecole delle lecitine e del protagone del cervello e di quelle dei nucleo-proteidi.

Lo stronzio ha effetti simili a quelli del calcio.

Gli ioni di ferro contribuiscono alla formazione della ferratina del fegato, delle altre combinazioni proteiche più o meno labili del midollo osseo, della milza e delle ghiandole linfatiche, per non parlare dell'enorme ruolo da essi giocato nella respirazione. Basta tenere presente che il corpo umano contiene una quantità totale di ferro oscillante tra i gr. 3 e 3,5 e che, nonostante un'eliminazione giornaliera dell'ordine di mmgr. 30-50 di esso, la proporzione suddetta rimane costante nell'individuo normale, proprio perchè tale elemento è presente in tutti gli alimenti.

Agli ioni di alluminio (solo lentamente assorbiti dall'organismo) sono attribuite proprietà vaso-costrittrici, se in soluzioni diluite.

Anche gli esami batteriologici, dai primi, eseguiti con impostazione scientifica, del prof. FLORIANO BRAZZOLA (lavori del 1895 e 1898) a quelli, compiuti più tardi con tecniche più progredite, fino agli odierni, altamente specializzati, rivelano nelle acque potabili del Setta un contenuto batterico assolutamente innocuo, il quale, tuttavia, viene annullato in seguito all'immissione quotidiana e regolata di ipoclorito di calcio.

ANNA MARIA TOMBA