

FOCUS

■ Fabio Gea

Capita spesso di dividere gli elementi naturali in buoni e cattivi, in base alla loro influenza sulla vita dell'uomo. Così avviene anche nei confronti del fluoro: necessaria presenza o inquinante nocivo.

IONE FLUORURO UN EQUILIBRIO DIFFICILE



Foto: Fabio Gea

Inquinamento naturale

È conseguentemente allo sviluppo industriale che ha preso piede nei suoi sempre più svariati ambienti il termine "inquinamento", con connotazioni necessariamente antropiche. Esistono tuttavia da sempre numerose tipologie di inquinamento che potremmo definire, quasi paradossalmente, "naturali". Il necessario adattamento della biosfera alla

geosfera, fatto anche dei numerosi rapporti fra ambiente e catena alimentare umana, esiste tuttora e colpisce molti milioni di persone in tutto il mondo. "Gli elementi in traccia sono più importanti per la vita che le vitamine, in quanto non possono essere sintetizzati, a differenza delle vitamine, ma devono essere presenti nell'ambiente entro un intervallo di concentrazioni relativamente

ristretto. Le loro sole sorgenti sono la crosta terrestre e l'acqua marina, e senza di essi la vita cesserebbe di esistere" (da Crouse et al., 1983). Fluorosi dentaria e scheletrica, ingrossamento della tiroide, podocondiosi: sono solo alcune delle numerose affezioni connesse ad ambienti naturali caratterizzati o dalla presenza di elementi e composti chimici tossici o dalla man-

canza di elementi e composti essenziali alla salute umana. Al confine quindi fra medicina, chimica e geologia, queste "malattie geochimiche" sono gli oggetti di studio specifico della Geomedicina e della Geochimica Medica.

Il fluoro e la fluorosi

A differenza di altri elementi in traccia essenziali alla salute umana ingeriti tramite alimenti

solidi, il fluoro viene introdotto nell'organismo essenzialmente con l'acqua. Data la sua difficoltà a essere accettato nei reticoli cristallini dei minerali, ha una forte tendenza a concentrarsi nelle acque sotterranee di molte aree vulcaniche terrestri, compromettendo drasticamente la potabilità delle stesse acque. Secondariamente, oltre che presente spontaneamente nei vari sistemi naturali, può essere immesso nell'ambiente in quantità significative dalle pratiche antropiche industriali (freon, fluoruri organici ecc.) e agricole (fertilizzanti fosfatici, i quali possono contenere fino a 3-4% di F). Come elemento essenziale per la corretta crescita dell'organismo umano, il fluoro deve essere rigorosamente assunto nella giusta quantità. Valori compresi tra 0 e 0,5 mg/l non soddisfano le richieste dei nostri denti, che si rendono così vulnerabili alle carie, mentre valori superiori a 1,5 mg/l sono eccessivi e provocano la grave malattia denominata fluorosi. I primi sintomi della fluorosi sono la chiazzeria nerastra dei denti (fluorosi dentaria, da 1,5 a 4,0 mg/l) e nei casi peggiori sorgono anche forti dolori alle ossa del collo e della schiena (fluorosi scheletrica, da 4,0 a 10,0 mg/l) fino a vere e proprie deformazioni permanenti delle braccia e delle gambe (fluorosi scheletrica deformante, per valori maggiori di 10,0 mg/l). Gli effetti della fluorosi sono permanenti e incurabili. La guida di riferimento dell'Organizzazione Mondiale della Salute (Who) ha suggerito che nelle zone con un clima caldo, la concentrazione ottimale del fluoro in acqua potabile dovrebbe rimanere inferiore a 1 mg/l, mentre nei climi più freddi potrebbe andare fino a 1,2 mg/l. In Italia il limite per le acque potabili è di 1,5 mg/l. Fanno eccezione le acque in bottiglia, che non hanno limite. Tra gli almeno 25 Paesi che la fluorosi colpisce in forma endemica, la Cina e l'India sono i due Paesi maggiormente interessati. Non si conosce il numero delle persone affette, ma una precisa stima dell'Unicef riferisce il valore di 10 milioni di malati di fluorosi scheletrica in tutto il mondo.

Anche l'Italia (in particolar modo il Lazio) è colpita dal fenomeno, che si manifesta solamente in lievi forme dentarie.

Il fattore determinante della geochimica del fluoro è la tendenza dell'elemento a sostituire lo ione OH nei minerali, inclusa la idrossiapatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ (componente principale di denti e ossa sia nell'uomo sia negli animali), la quale viene convertita in fluorapatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, minerale che invece va a modificare la crescita e il corretto funzionamento di ossa e denti. Oltre al ben noto effetto sul metabolismo del calcio, il fluoro ha anche un'influenza sugli enzimi. Forma complessi con un gran numero di enzimi contenenti metalli come ferro e magnesio, compromettendo la reazione con il substrato. Numerosi studi effettuati in Cina avrebbero inoltre messo in luce un'influenza dell'eccesso di fluoro sul quoziente intellettivo dei bambini nell'età dello sviluppo. L'intossicazione da fluoro può essere evitata o minimizzata attraverso tre vie:

- migliorando la condizione nutrizionale delle popolazioni a rischio;
- ricorrendo a fonti d'acqua alternative;
- rimuovendo il fluoruro eccessivo dall'acqua potabile.

Miglior nutrizione

Dati clinici consigliano l'assunzione di calcio, vitamine C e D, oltre al magnesio e all'alluminio per invertire gli effetti della fluorosi. La dieta correttiva ha effetti evidenti in particolar modo sui bambini.

Le fonti d'acqua alternative

L'acqua di superficie rappresenta in alcuni casi una soluzione, compatibilmente alla diffusa contaminazione biologica e chimica. Spesso, infatti, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo, per rendere quest'acqua potabile sarebbe d'obbligo ricorrere a processi



Foto: Fabio Gea



Ciclo geochimico semplificato del fluoro in aree semi-aride (Cortecchi, 2003).



Foto: Fabio Gea



di trattamento e disinfezione, ma quasi sempre le condizioni economiche non lo permettono. L'acqua piovana è solitamente una fonte d'acqua molto più pulita e può fornire una soluzione semplice e a basso costo. Il problema, tuttavia, è la capacità di stoccaggio limitata nelle comunità e nelle famiglie. I grandi serbatoi di immagazzinamento sono necessari in quanto molti di questi Paesi, trovandosi in regioni tropicali o subtropicali, sono caratterizzati da regimi pluviometrici estremamente irregolari. Acque sotterranee a bassi tenori in fluoro talvolta si possono trovare anche in aree in genere caratterizzate da elevata contaminazione. Studi idrogeologici specifici, preventivi allo scavo di pozzi, sareb-

bero d'obbligo, dato il quadro di eterogeneità in cui si diffonde il fluoro negli acquiferi delle aree vulcaniche.

La defluorizzazione delle acque

Esistono numerosi metodi per rimuovere il fluoro dalle acque. Tra i più conosciuti ritroviamo:
 - la flocculazione, o tecnica di Nalgonda (dal villaggio indiano in cui il metodo fu sperimentato per la prima volta): vengono utilizzati sali di alluminio idrato (allume) per far flocculare gli ioni di fluoro nell'acqua;
 - l'adsorbimento: l'acqua filtra attraverso una colonna imballata di un assorbitore forte, quale allumina attivata, carbone attivo o resine di scambio ionico. La variante sostenibile a questo

secondo metodo prevede l'utilizzo di ossa animali. Si polverizzano le ossa portandole alla temperatura di 500° C per eliminare ogni traccia organica e per meglio attivare i processi di assorbimento, dopodiché si fa lentamente filtrare l'acqua. Il fluoro viene fermato dal calcio contenuto nelle ossa formando fluorite (CaF₂) e nell'acqua si riduce drasticamente il contenuto in quest'elemento, mantenendo pressoché inalterata la concentrazione degli altri elementi. È un metodo artigianale e facilmente realizzabile a gestione familiare, e per questo estremamente compatibile nei molti Paesi in via di sviluppo bisognosi presto di efficaci misure per contrastare questa grave malattia. Il metodo sta pian piano prendendo piede in alcune aree del rift Est-africano (Etiopia, Kenya e Tanzania), ma ha ancora bisogno di molte attenzioni, nella speranza che qualche Organizzazione Internazionale abbia voglia di investire sulla sua diffusione.