

N. 35: Acqua ed inquinanti: aspetti sanitari

contributo di dott. Franco Ferrarini, gastroenterologo - Mantova

Il presente Quaderno segue e si riallaccia ai precedenti

N. 05: Beni finiti: Terra, Acqua ed Aria

N. 05/1: Le falde acquifere della pianura lombardo-mantovana:
approfondimenti

N. 05/2: L'acqua di rubinetto in Italia e negli acquedotti mantovani:
approfondimenti

Introduzione

Due giovani pesci nuotano in una bella mattina di primavera. Incrociano un pesce anziano che li saluta dicendo :“Salve ragazzi, com'è l'acqua oggi?”. I due pesci giovani si guardano senza rispondere e procedono. Dopo un poco uno dei due si gira verso l'altro e gli chiede: “Ma che cosa è l'acqua?”.

Questo apologo di David Foster Wallace mi è sembrato molto adatto come preambolo per il tema che verrà trattato perché rende l'idea di come siamo abituati a considerare l'acqua un bene talmente scontato che quasi non ci accorgiamo della sua esistenza. Dovremo invece cambiare questo atteggiamento poiché l'acqua di cui disponiamo, rapportata al fabbisogno di una popolazione in continuo aumento, è una risorsa non molto abbondante e purtroppo parzialmente rinnovabile, possiamo infatti contare solo sulla pioggia, il cui apporto è peraltro in parte controbilanciato dalla evaporazione. D'altro canto l'acqua è una sostanza indispensabile per la sopravvivenza: basti considerare che senza acqua non si sopravvive più di una settimana, mentre senza cibo si può sopravvivere anche 30-40 giorni. I dati che seguono possono permettere di farsi un'idea dello stato attuale del bilancio idrico:

- La Terra contiene 1.385 milioni di Km³ di acqua.
- Circa il 97% di questa acqua è salata e, come se non bastasse, più dei 2/3 del restante 2,5-3%, che rappresenta l'acqua dolce disponibile, è irraggiungibile perché racchiuso nel ghiaccio delle calotte polari.
- Il consumo medio annuale pro capite di acqua dolce è elevato in tutto il mondo: i valori vanno dal 1.850.000 litri degli Stati Uniti ai 250.000 litri dell'Africa, con l'Italia in posizione intermedia a 810.000 litri.

Per una valutazione completa dell'inquinamento dell'acqua sarebbero necessarie una trattazione di dimensioni enciclopediche nonché approfondite conoscenze nell'ambito della geologia, della chimica, della medicina, della microbiologia e della fisica. Sarà quindi necessario sintetizzare e schematizzare gli argomenti, a costo di giungere ad una eccessiva

semplificazione. In particolare, una prima delimitazione va fatta per quanto attiene la tipologia dell'inquinamento. Dei quattro tipi di inquinanti dell'acqua:

- Metalli e sostanze chimiche.
- Micro-organismi.
- Sostanze radioattive.
- Incremento della temperatura.

sarà trattato solamente il primo, pur ricordando che l'inquinamento da micro-organismi è la causa più importante della scarsità di acqua potabile nei paesi in via di sviluppo.

Aspetti Generali

Le Acque

Per chiarezza di esposizione è opportuno suddividere l'acqua in alcuni settori topograficamente definiti, tenendo sempre presente che vi è un continuo interscambio fra questi settori e fra essi ed il suolo e l'atmosfera.

Le acque sotterranee costituiscono le *falde acquifere*. In seguito alle precipitazioni (pioggia, neve, grandine), le acque, infiltrandosi nel terreno, incontrano fratture, cavità, porosità nelle quali possono infilarsi e scorrere anche molto in profondità, formando depositi fermi o in movimento a seconda della permeabilità degli strati del terreno e della conformazione degli strati impermeabili confinanti con la falda stessa. L'inquinamento della falda ad opera del cosiddetto surnatante riveste particolare importanza per Mantova.

Le acque di superficie sono quelle che costituiscono fiumi, laghi, estuari, mari ed oceani.

Le acque di scarico sono quelle che drenano l'effluente di insediamenti civili, industriali ed agricoli.

Le acque di scorrimento derivano dal mancato assorbimento da parte del terreno di acqua piovana o derivante dal dissolvimento della neve; nello scorrere lungo superfici impermeabili quali ad esempio strade e tetti possono raccogliere quantità significative di inquinanti e trasportarli a distanza.

Gli Inquinanti

L'Environment Protection Agency (EPA), ente per la tutela dell'ambiente degli Stati Uniti, classifica gli inquinanti dell'acqua in sei categorie:

1. **Scarti biodegradabili:** derivano da deiezioni di origine animale e umana. Si tratta di materiale molto ricco in carbonio organico che favorisce lo sviluppo di micro-organismi i quali a loro volta sottraggono ossigeno alla flora ed alla fauna acquatica.
2. **Concimi e fertilizzanti:** derivano da scarichi fognari, agricoli ed industriali. Un incremento eccessivo nell'acqua di queste sostanze, peraltro normalmente presenti in natura, causa il fenomeno della *eutrofizzazione* caratterizzato da un abnorme sviluppo di alghe che determina sia modificazioni peggiorative dell'aspetto dell'acqua che diviene torbida, untuosa e maleodorante, sia un eccessivo consumo di ossigeno con conseguenti

alterazioni significative della flora e fauna acquatica da cui derivano ripercussioni negative sulla biodiversità.

3. **Calore:** deriva da fonti naturali come nel caso delle sorgenti geotermiche oppure da fonti antropiche come nel caso dell'acqua utilizzata per raffreddare impianti industriali. Con il crescere della temperatura dell'acqua si riduce la quantità di ossigeno disciolto con ripercussioni negative su flora e fauna acquatica.
4. **Sedimento:** si tratta di materiale solido organico o minerale che attraverso il vento e le acque di scorrimento, a loro volta inquinate da materiale di industrie di vario genere (costruzioni, legno, ecc.) e dell'agricoltura possono giungere all'acqua e determinarne un intorbidimento che a sua volta porta ad un maggior assorbimento del calore solare e ad un aumento della temperatura (v. punto precedente).
5. **Sostanze chimiche:** derivano da attività antropiche quali scarichi industriali, fuoriuscite accidentali di petrolio e derivati, scarichi domestici.
6. **Sostanze radioattive:** derivano dagli scarichi di fabbriche, ospedali e miniere. In questa categoria rientrano anche isotopi naturali come il radon.

A queste classiche sei categorie se ne è recentemente aggiunta un'altra costituita dai prodotti farmaceutici e cosmetici (acronimo inglese PPCPs) che raggiungono le acque attraverso gli scarichi domestici. L'azione ormono-simile di alcuni di questi composti è in grado di danneggiare la fauna acquatica, mentre, per quanto riguarda la tossicità per l'uomo, vi sono iniziali evidenze di un possibile ruolo patogeno in ambito tumorale e malformativo.

Modalità e fonti di inquinamento

Molto schematicamente l'inquinamento dell'acqua avviene attraverso fonti puntiformi e fonti non puntiformi.

- Le fonti puntiformi sono rappresentate da fabbriche, industrie, depositi di carburante, allevamenti, fosse settiche, fognature, da cui si verifica una perdita accidentale (ad esempio per danneggiamento di una tubatura) che determina la fuoriuscita di inquinanti da un punto ben preciso ed identificabile.
- Le fonti non puntiformi sono rappresentate da scorrimento/permeazione nel terreno di fertilizzanti, concimi, deiezioni animali, sostanze chimiche da industrie, allevamenti, fattorie, miniere, cantieri edili, o ancora per sollevamento degli inquinanti ad opera del traffico veicolare con successiva deposizione nelle acque superficiali viciniori; in questi casi non vi è una fonte precisa poiché la perdita di inquinanti è diffusa, spesso grazie all'intervento dell'acqua piovana o della neve in dissolvimento, si tratta quindi di fonti molto più difficili da identificare.

In questo ambito è opportuno ricordare anche la metodica di estrazione di gas naturale e petrolio denominata fratturazione idraulica (hydro-fracking in inglese) cui il governo degli

Stati Uniti ha recentemente deciso di far ricorso in modo intensivo (Rosenthal E, 2012). La peculiarità di questa tecnica è che, per produrre fratture multiple degli strati profondi della terra da cui ricavare i combustibili fossili, si iniettano quantità enormi di acqua sotto pressione mista a sabbia ed a svariate sostanze chimiche, spesso non ben definite. E' questo un buon esempio di come si possano prendere due piccioni con una fava, cioè sprecare acqua ed inquinare le falde in un colpo solo.

Problemi metodologici nella definizione del ruolo patogeno degli inquinanti

L'identificazione della/e causa/e di una data malattia è sempre problematica poiché virtualmente tutte le malattie riconoscono cause molteplici. Vi sono però tre linee di evidenza che permettono di definire il ruolo causale di una sostanza nella comparsa di una malattia:

- **Prove di laboratorio in vitro**, in particolare utili per capire se una sostanza possieda la capacità di alterare il DNA cellulare, poiché ciò fa sospettare un possibile meccanismo di cancerogenesi.
- **Prove di laboratorio su animali da esperimento**, da interpretare sempre con grande cautela sia perché quanto si osserva nell'animale non è ipso facto trasferibile all'uomo, sia perché le quantità di sostanze somministrate agli animali da esperimento sono in genere molto più abbondanti rispetto a quanto assunto dall'uomo, ed infine anche perché all'animale da esperimento viene somministrata una singola sostanza, diversamente da quanto avviene nell'ambiente, dove sono spesso presenti miscele di svariate sostanze.
- **Valutazione della mortalità per una determinata malattia e/o della sua incidenza** (numero di casi che compaiono in un determinato lasso di tempo) sia in soggetti ad alto rischio perché esposti per lavoro a dosi particolarmente elevate dell'inquinante sospetto, sia in soggetti che vivono in vicinanza di fonti di emissione dell'inquinante stesso.

Utilizzando questi criteri l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) attribuisce ad ogni sostanza o attività una valutazione di cancerogenicità decrescente articolata su cinque classi (tabella):

1	Cancerogeno per l'uomo
2A	Probabilmente cancerogeno per l'uomo
2B	Possibilmente cancerogeno per l'uomo
3	Non classificabile
4	Probabilmente non cancerogeno per l'uomo

le informazioni ricavabili da questa classificazione devono assolutamente essere interpretate e non accettate in modo acritico, soprattutto per quanto riguarda le sostanze o attività in classe 1. Questa classe infatti contiene sì sostanze pericolose, ma anche altre come ad esempio la pillola contraccettiva e le bevande alcoliche o ancora le radiazioni solari che, se utilizzate in modo razionale, non conferiscono alcun rischio, anzi possono avere un effetto protettivo sulla salute: i contraccettivi sono utili farmaci per periodi temporali definiti, un minimo consumo di alcol, oltre ad essere gradevole, conferisce una protezione cardiovascolare, la irradiazione solare promuove la sintesi di vitamina D da parte della cute e previene quindi l'osteoporosi. In sostanza, si tratta fondamentalmente di evitare durata ed intensità di esposizione particolarmente elevate, in modo da fruire dei vantaggi senza incorrere nei rischi. D'altro canto, vi sono sostanze che non hanno alcun effetto terapeutico/protettivo ma solo un effetto cancerogeno e devono quindi essere evitate, sempre nei limiti del possibile.

Un'ultima difficoltà è rappresentata dai seguenti aspetti che possono influenzare la correlazione fra l'esposizione ad una determinata sostanza inquinante e la comparsa di una determinata malattia:

- Presenza di possibili concause della malattia. Un esempio classico (lo vedremo meglio in seguito) è rappresentato dallo sviluppo di un tumore al polmone in soggetti sia fumatori che esposti ad elevati livelli di arsenico nell'acqua; può essere difficile in questi casi definire il ruolo relativo del fumo e dell'arsenico nello sviluppo della malattia.
- La maggior parte degli inquinanti non si trova nell'ambiente isolata ma associata ad altri composti per cui può essere difficile definire chi sia il singolo responsabile di una determinata malattia.
- Molte sostanze sono presenti nell'ambiente sotto diverse forme chimico-fisiche: per quanto riguarda ad esempio l'arsenico ve ne sono 18 composti reperibili nella fattispecie in acqua e non è detto che tutti abbiano le stesse potenzialità nocive.
- Uno specifico inquinante può avere effetti diversi a seconda della via di introduzione nell'organismo: ad esempio per il cromo esavalente, potente cancerogeno per inalazione, le evidenze di cancerogenicità per via orale non sono altrettanto definite. D'altro canto non è detto che la presenza di un inquinante in acqua ne determini per forza la sola introduzione per via orale, basti pensare alla possibilità di inalarlo durante la doccia o il nuoto oppure di assorbirlo attraverso la pelle.
- Vi può essere una lunga latenza fra esposizione ad una determinata sostanza e sviluppo di una malattia: può essere difficile correlare ad esempio lo sviluppo di un tumore con la esposizione ad un inquinante avvenuta decenni prima. Lo studio delle malformazioni congenite permette di ovviare a questa difficoltà poiché la latenza fra esposizione ad un ipotetico inquinante e sviluppo della malformazione è per definizione uguale o inferiore a 9 mesi.

Gli inquinanti dell'acqua

La lista degli inquinanti proposta dall'EPA comprende più di 11.200 sostanze; dovendo per forza operare una selezione, si è ritenuto opportuno limitarsi a sostanze la cui nocività per l'uomo è documentata e che in linea di principio possano essere reperibili nelle acque della provincia di Mantova.

Non parleremo quindi ad esempio del piombo, che su scala mondiale rappresenta l'inquinante più frequente dell'acqua ed è sicuramente nocivo per l'uomo, per il semplice motivo che il 99% della popolazione esposta a questo inquinante si trova in paesi in via di sviluppo.

Sostanze chimiche organiche

Derivati dei prodotti di disinfezione dell'acqua

In questa categoria rientrano numerosi composti che derivano dai processi di clorazione dell'acqua. Il gruppo più numeroso in questo ambito è rappresentato dai trialometani (cloroformio, bromoformio, dibromoclorometano, bromodiclorometano). E' questo un tipico esempio di "inquinamento necessario" poiché è impensabile non procedere alla clorazione dell'acqua, sia potabile che di piscina, se si vogliono evitare patologie infettive (metodi alternativi di disinfezione quali l'ozonizzazione ed il trattamento con raggi UV non sono ancora entrati nell'uso comune). Una peculiarità di queste sostanze è che possono introdursi nell'organismo attraverso quattro vie distinte, ma tutte riportabili all'acqua:

- Ingestione con acqua di rubinetto.
- Ingestione con cibi precedentemente lavati in acqua.
- Inalazione in ambito domestico per volatilizzazione dall'acqua di rubinetto.
- Inalazione sia per volatilizzazione che per passaggio attraverso la cute durante la doccia o in piscina.

Per nessuna di queste sostanze esiste una chiara evidenza di cancerogenicità nell'uomo, mentre non mancano tali evidenze nell'animale; bromodiclorometano e cloroformio sono infatti stati classificati dalla IARC come 2B, vale a dire possibilmente cancerogeni per l'uomo. Va ricordato inoltre che il cloroformio è dotato di una epatotossicità ben riconosciuta.

Atrazina

E' un erbicida usato per il controllo degli infestanti a foglia larga; il suo ingresso nei sistemi acquatici avviene in genere per permeazione attraverso il terreno. L'uso di questa sostanza è definitivamente proibito in Italia dal 1992, ma è opportuno parlarne sia perché è stata al centro di polemiche in val Padana nella metà degli anni '80 che per la sua capacità di persistere nell'ambiente per periodi molto prolungati.

Gli effetti tossici dell'atrazina e dei suoi metaboliti riguardano prevalentemente il sistema neuroendocrino, con una azione di disturbo sull'asse ipotalamo-ovaio e conseguente induzione di problemi di fertilità. E' stata anche dimostrata una capacità di interferire con il sistema immunitario, ma a dosi nettamente più elevate di quelle necessarie per gli effetti neuroendocrini suddetti. Va infine ricordata la peculiarità del metabolita idrossiatrazina che non presenta effetti neuroendocrini ma è dotato di una chiara nocività renale.

Benzene

Utilizzato nell'industria nella sintesi di numerose sostanze chimiche, è inoltre un importante componente della benzina; la sua presenza nell'ambiente è correlata alle emissioni veicolari ed industriali, si tratta quindi di un tipico inquinante atmosferico; d'altro canto, attraverso l'atmosfera ed effluenti industriali può raggiungere anche sistemi acquatici. La cancerogenicità del benzene per inalazione è sicura (classe I secondo la IARC), in particolare per quanto attiene il sistema ematopoietico, è infatti implicato come fattore causale di leucemie e linfomi. Mancano nell'uomo dati analoghi per la via orale, presenti invece, e numerosi, nell'animale da esperimento.

Stirene

Utilizzato nella produzione di resine e plastiche, può essere presente negli scarichi prodotti da questo tipo di attività. Ha una azione sicuramente mutagena in vitro e cancerogena nel topo, anche per via orale. Lo IARC classifica questa sostanza come 2B (possibilmente cancerogena per l'uomo).

Composti alogenati

In questa categoria, ed in particolare per quanto riguarda i composti clorurati (caratterizzati cioè dalla presenza di cloro legato al carbonio) sono presenti alcune fra le sostanze inquinanti più pericolose in assoluto. Ciò è dovuto alle seguenti caratteristiche:

- La possibilità che composti di questo gruppo in sé non nocivi possano generare sostanze nocive; per esempio il triclorofenolo, non particolarmente pericoloso, se esposto alla luce genera 2,3,7,8- tetraclorodibenzo-*para*-diossina (2,3,7,8-TCDD), una diossina molto tossica, stabile e persistente.
- La persistenza nell'ambiente è appunto un'altra caratteristica di queste sostanze; la 2,3,7,8-TCDD può per esempio persistere nell'ambiente per decine di anni.
- La bioaccumulazione è la terza caratteristica che rende gli organo-clorurati particolarmente pericolosi; si tratta della capacità di concentrarsi negli esseri viventi con maggiore efficacia rispetto all'ambiente, rimanendovi per tempi estremamente prolungati. Per esempio, il policlorobifenile, meglio noto come PCB, si concentra 10.000 volte di più negli organismi viventi rispetto all'ambiente.

All'interno di questa classe ricordiamo questi composti:

Diossine

Con questo termine si indica un gruppo di 419 sostanze di cui 17 classificate come tossiche per l'uomo, raggruppate in tre categorie principali: PoliCloroDibenzoDiossine (PCDD), i PoliCloroDibenzoFurani (PCDF) e i PoliCloroBifenili (PCB). Sono generate dai processi di combustione in generale e di rifiuti in particolare e possono giungere ai corpi acquatici sia per caduta dall'atmosfera che attraverso perdite di scarichi industriali. La più importante fonte di contaminazione per l'uomo è comunque rappresentata dalla catena alimentare, attraverso la contaminazione di foraggi e mangimi. A parte la cloracne, una forma particolare di acne che può portare ad esiti cicatriziali permanenti e che è tipica della intossicazione da diossine, i dati sugli effetti dannosi di queste sostanze sulla salute umana non sono univoci. Per quanto riguarda la diossina più pericolosa, e cioè la 2,3,7,8-TCDD, lo IARC la definisce comunque un cancerogeno di classe 1; vi sono in effetti evidenze epidemiologiche relative ad un suo ruolo causale in alcuni tipi di linfomi, nel carcinoma del polmone e nei sarcomi dei tessuti molli (come insegna anche l'esperienza di Mantova) ed anche in malattie non neoplastiche quali diabete mellito, cardiopatia ischemica, malattie respiratorie croniche, malattie della tiroide. Per quanto riguarda i policlorobifenili, vi sono evidenze di un effetto nocivo a livello del sistema immunitario, della pelle e del sistema nervoso. La cancerogenicità è considerata possibile dallo IARC (2B); per quanto riguarda la via orale, vi sono dati, ricavati dallo studio di lavoratori esposti, che suggeriscono un possibile effetto cancerogeno a livello del fegato, del tubo digerente e del sangue.

Cloruro di vinile

Prevalentemente usato per produrre il cloruro di polivinile (PVC). A parte gli scarichi industriali, il cloruro di vinile può giungere all'acqua sia per esfoliazione da tubature in PVC che per degradazione di alcuni composti quali tricloroetene e tetracloroetene. Il quadro patologico da intossicazione cronica, noto appunto come malattia da cloruro di vinile, è dovuto alla formazione di proteine aberranti per interazione del principale metabolita del cloruro di vinile (ossicloroetile) con le proteine plasmatiche e le sue manifestazioni rientrano nell'ambito delle vasculiti. E' inoltre sicuramente cancerogeno per l'uomo a livello del fegato (carcinomi epatocellulari ed angiosarcomi). Nell'animale da esperimento vi sono evidenze di tale effetto anche a livello di altri organi.

Idrocarburi aromatici policiclici

Meglio noti con l'acronimo inglese PAH, sono generati da processi di combustione di materie organiche (carbone, petrolio, legno); possono giungere all'acqua per caduta dall'atmosfera, per permeazione da scarichi/perdite industriali, ma anche per esfoliazione dal rivestimento delle tubature idriche. Il composto di questa classe più frequentemente reperito in acqua è il fluorantene. Si tratta di contaminanti prevalentemente atmosferici; inoltre, solo l'1% dell'introito alimentare di PAH avviene nell'uomo attraverso l'acqua. Il loro effetto cancerogeno è significativo, in particolare ad esempio per il benzo-a-pirene.

Questo effetto si estrinseca peraltro prevalentemente per via inalatoria, mentre mancano dati certi nell'uomo per quanto riguarda la via orale, dati invece presenti per quanto riguarda l'animale da esperimento.

Nitriti e Nitrati

I nitrati sono composti presenti in natura e rappresentano una importante fonte di nutrimento per i vegetali, mentre i nitriti derivano dalla riduzione dei nitrati in alcune condizioni particolari. Queste sostanze possono raggiungere sia le acque di superficie che le falde come conseguenza di attività agricole come fertilizzanti, concimi di origine animale ed attraverso acque di scarico.

Un effetto tossico ben noto dei nitriti è rappresentato dalla metaemoglobinemia del lattante. Questa condizione deriva dal legame che i nitriti possono contrarre con l'emoglobina contenuta nei globuli rossi con formazione di metaemoglobina; questo composto inibisce la cessione dell'ossigeno ai tessuti con conseguente scarsa ossigenazione e comparsa di cianosi (da cui il termine di sindrome del bambino blu).

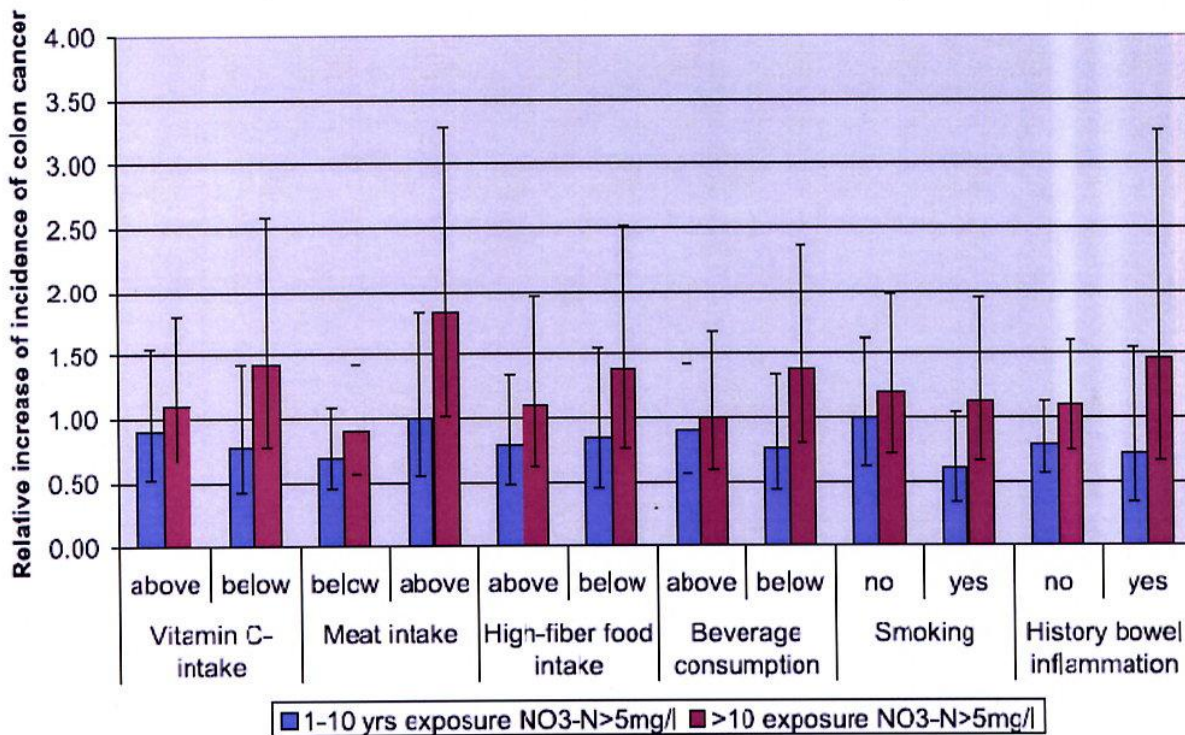
Non si tratta di una condizione frequentissima, anche perché richiede una concausa rappresentata da una infezione gastrointestinale che concorre ad un incremento della riduzione dei nitrati a nitriti.

Per quanto riguarda la patologia dell'adulto, vi sono segnalazioni della possibile induzione di malfunzioni della tiroide e di malformazioni congenite (difetti del tubo neurale), mentre appaiono più dubbie le possibilità di un effetto diabetogeno.

Il possibile effetto cancerogeno dei nitriti/nitrati non si eserciterebbe direttamente ma attraverso la formazione di nitroso-composti (nitrosamidi e nitrosamine) in condizioni particolari quali lo stomaco umano soprattutto se vi è una ridotta produzione di acido. In queste condizioni si ipotizza un effetto favorente la comparsa di tumori dello stomaco. Sempre nell'ambito della patologia neoplastica non mancano segnalazioni di un effetto cancerogeno di queste sostanze sul colon. In particolare una recente estrapolazione su paesi della Comunità Europea (van Grinsven HGM et al, 2010) indica che, per l'Italia, nitriti/nitrati nell'acqua contribuirebbero ad uno su mille casi all'anno di tumore del colon il quale a sua volta ha una incidenza globale di 28,3 casi/mille abitanti/anno. Da questo studio si ricava anche un dato interessante sulla rilevanza dei co-fattori nell'induzione di neoplasie ad opera di inquinanti ambientali.

Come si può vedere infatti nelle figura 1 (colonna 2), la assunzione di nitriti in eccesso di 5 mg/litro di NO_2^- , pari a 22 mg/litro di NO_3^- (valore massimo per l'Organizzazione Mondiale della Sanità -OMS- 50 mg/litro) per > 10 anni determina un eccesso significativo di tumori del colon solamente nel sottogruppo di popolazione caratterizzato da un consumo di carne superiore alla mediana.

Fig. 1: Incremento dell'incidenza di cancro del colon secondo l'assunzione di NO₃-N ed in rapporto ad alcune variabili (van Grinsven HGM et al, 2010).



Metalli e Metalloidi

Questa categoria comprende numerose sostanze fra le quali, sempre in base ai criteri esposti in precedenza, esamineremo Arsenico, Alluminio, Cromo e Mercurio.

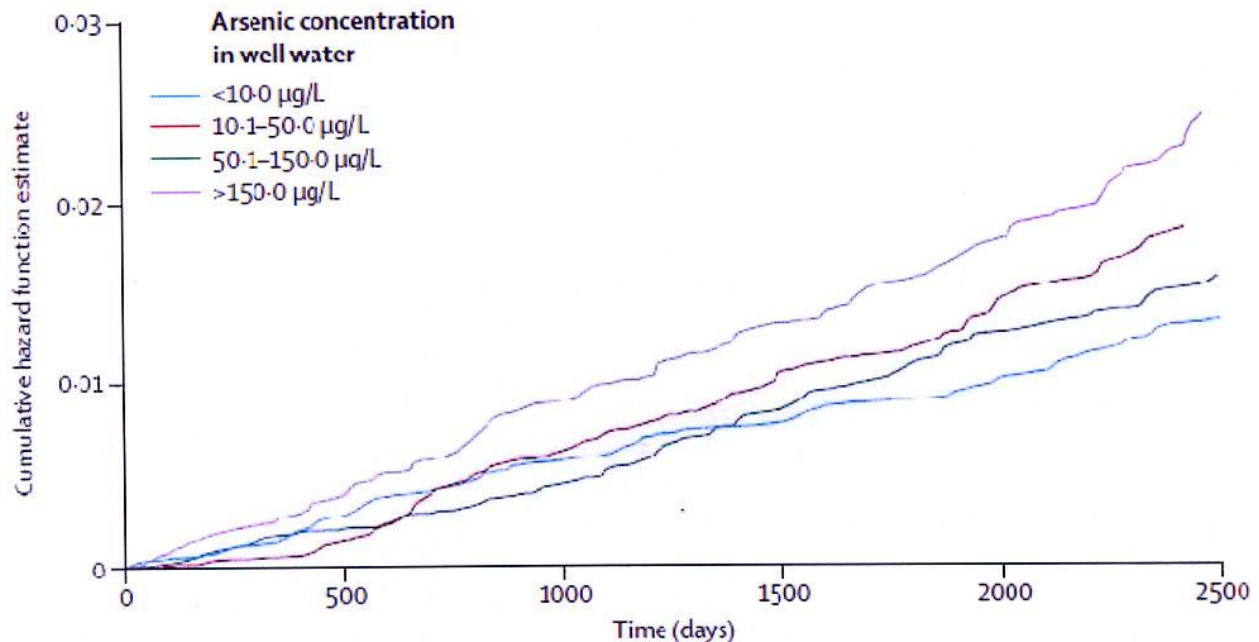
Arsenico

Questo metalloide, non essenziale per l'uomo, è abbondantemente rappresentato in natura e la sua presenza nei corpi acquatici deriva dalla erosione naturale delle rocce. Non vi sono fonti antropiche significative. Esistono numerose forme e sali di arsenico, dotati di maggiore o minore potenziale patogeno nell'uomo. I livelli massimi raccomandati dall'OMS nell'acqua potabile sono pari a 10 mcg/litro.

La tossicità dell'arsenico è ben nota. Accanto ad una patologia cutanea caratterizzata da chiazze di iper e ipopigmentazione della pelle e di ipercheratosi che possono preludere allo sviluppo di tumori cutanei, esiste una patologia cardiovascolare, in particolare ischemica periferica (blackfoot disease), neurologica (neuropatia periferica) ed epatica (epatite cronica). La patologia tumorale da arsenico è invece tipicamente rappresentata da neoplasie del polmone, della vescica e del rene. La maggior parte degli studi in questo ambito è stata eseguita in località caratterizzate da un elevato contenuto di arsenico nell'acqua potabile quali Taiwan, il Cile settentrionale, il Bengala occidentale ed il Bangladesh. A proposito di quest'ultimo stato, un recente studio (Argos M et al, 2010), dimostra la mancanza di una soglia per quanto riguarda la mortalità in funzione

dell'assunzione cronica di arsenico, si tratta piuttosto di un continuum di incremento di rischio, che è quindi presente anche per valori inferiori a quelli definiti accettabili (Fig. 2).

Fig. 2: rischio stimato di mortalità in rapporto alla concentrazione di arsenico nell'acqua di pozzo ed alla durata dell'assunzione (Argos M et al, 2010).

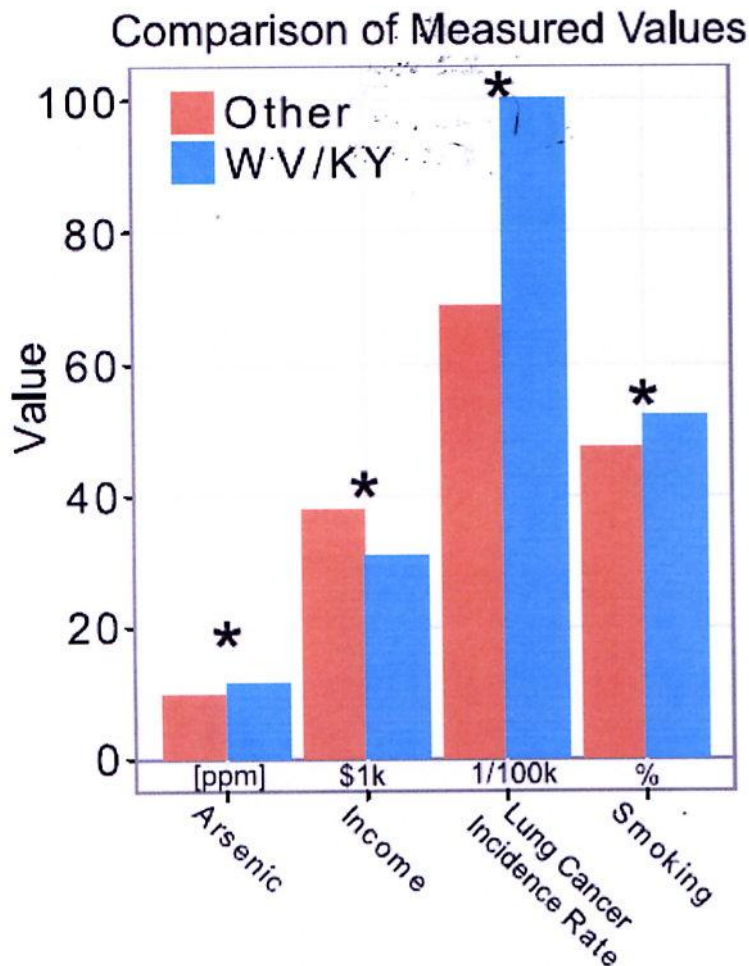


Inoltre, anche per la cancerogenesi da arsenico vi sono concause importanti, come dimostrato da un recente studio statunitense (Putila JJ & Guo NL, 2011) da cui si ricava che nei due stati della West Virginia e Kentucky, in cui l'incidenza di cancro del polmone è maggiore della media nazionale nordamericana, coesistono insieme a maggiori livelli di arsenico nell'acqua potabile altri fattori potenzialmente causali quali un basso reddito ed un maggior tasso di fumatori (Fig. 3).

Alluminio

È l'elemento metallico più abbondante in assoluto e costituisce circa l'8% della crosta terrestre. Questo metallo è presente in acqua sia a partire da fonti naturali che a causa dell'utilizzo che ne viene fatto per il trattamento dell'acqua stessa. Ad ogni buon conto, data la sua notevole diffusione nel cibo, si può valutare intorno al 5% del totale ingerito la quota di introduzione dovuta all'acqua potabile. L'unico problema sanitario importante in merito a questo metallo è il possibile ruolo da esso giuocato nel facilitare l'insorgenza della malattia di Alzheimer. Questo aspetto è stato segnalato in numerosi studi ed è stato in particolare recentemente correlato all'introduzione di alluminio attraverso l'acqua di rubinetto (Rondeau V et al, 2009).

Fig. 3: concentrazione di arsenico, reddito, incidenza di cancro del polmone e tasso di fumatori in West Virginia e Kentucky (WV/KY) vs altri 10 stati nordamericani (Other). * p<0.05. (Putila JJ & Guo NL, 2011).



Mercurio

Il mercurio è usato nella produzione di cloro e soda caustica, in dispositivi elettrici, strumenti industriali, apparecchiature di laboratorio, fungicidi, amalgame per il trattamento della carie dentaria. Quest'ultimo impiego è attualmente oggetto di valutazione critica, proprio per i possibili rischi correlati alla ingestione cronica di mercurio nei portatori di amalgame di questo tipo, tanto che il 27 maggio 2011 il Consiglio d'Europa ha approvato un piano per bandire l'uso del mercurio da questi composti.

Entrambe le forme di mercurio reperibili in acqua, inorganico ed organico (quest'ultimo come metilmercurio), sono nocive per l'uomo, principalmente a livello del rene e del sistema nervoso. Vanno ricordate a questo proposito due vere e proprie epidemie di intossicazione cronica da mercurio che hanno permesso di definire gli aspetti neurologici. Entrambe si sono verificate nel 1971, una a Minamata in Giappone per l'ingestione di pesce contenente metilmercurio derivante da scarichi industriali riversati nella baia omonima e l'altra in Iraq per ingestione di cereali trattati con fungicidi a base di mercurio.

Il quadro clinico in questi casi è caratterizzato da sintomi variegati quali parestesie, malessere, visione offuscata, riduzione concentrica del campo visivo, sordità, disartria, atassia, neuropatia periferica. Questo quadro clinico esiste anche in forma congenita per esposizione al mercurio in utero.

Non vi sono evidenze di cancerogenicità (IARC classe 3).

Cromo

Il cromo esiste in natura sotto varie forme (bivalente, trivalente, esavalente sono le principali) ed è ampiamente distribuito nella crosta terrestre. Il cromo e i suoi sali sono usati nell'industria della concia della pelle, nella produzione di catalizzatori, pigmenti e colori, fungicidi, ceramiche, vetro, fotografia, leghe di cromo, metalli di cromo, cromatura.

Il cromo esavalente è nettamente più pericoloso del cromo trivalente a causa del maggiore assorbimento nell'organismo e della maggior capacità di accumularsi nei tessuti. E' una sostanza sicuramente cancerogena (IARC classe 1) sul polmone per via inalatoria; i dati sulla cancerogenicità per via orale sono meno significativi, per quanto ultimamente in particolare uno studio condotto in Cina su una popolazione molto numerosa (circa 60.000 soggetti) ha dimostrato un aumento della frequenza di tumore dello stomaco in soggetti cronicamente esposti a Cromo esavalente nell'acqua di rubinetto (Beaumont JJ et al, 2008).

Conclusioni

L'acqua è un bene limitato ed assolutamente necessario per la sopravvivenza della specie umana. Queste due caratteristiche, ed il prevedibile incremento del fabbisogno nel prossimo futuro, rendono imperativa l'adozione di provvedimenti rigorosi atti ad evitare che questa preziosa sostanza venga inquinata e/o sprecata. Le Istituzioni e la Società Civile sono gli attori a cui è affidato questo compito.

Alle Istituzioni fanno capo sia la emissione delle regole che il controllo dell'osservanza delle stesse, e questo è l'aspetto più ovvio. Non va infatti sottovalutato il ruolo istituzionale della Scuola nella formazione di una coscienza ambientale. Ciò che viene spiegato negli istituti scolastici ha una doppia ricaduta positiva: da un lato negli allievi si instillano comportamenti virtuosi nei confronti dell'ambiente, dall'altro gli allievi stessi provvedono a disseminare questi comportamenti nell'ambiente domestico, con una funzione di volano che permette di raggiungere una popolazione molto più numerosa di quella scolastica.

La Società Civile, e quindi il privato cittadino, da parte sua deve rendersi conto di potere e dovere incidere in modo significativo sia sullo spreco che sull'inquinamento dell'acqua, e ciò sia nelle vesti di allevatore, agricoltore, industriale e nell'ambito lavorativo in generale, che nell'ambito privato, rinforzando così con l'esempio quanto appreso dai figli attraverso l'educazione scolastica. Basta pensare alle ricadute positive di un uso oculato di acqua, detersivi e cosmetici, nonché di acqua e fertilizzanti per gli orti e i giardini. Non è ammissibile trincerarsi dietro l'alibi che le piccole azioni dei singoli non hanno un peso

sufficiente: tanti singoli possono costituire una massa critica efficace. Ma non finisce qui il ruolo del privato cittadino, deve essere sottolineata infatti l'importanza dell'associazionismo nella promozione di incontri, convegni, pubblicazioni, volte alla sensibilizzazione della opinione pubblica ed alla denuncia di situazioni critiche, con una informazione equilibrata e corretta che preveda il confronto con i cittadini.

Quanto detto in queste conclusioni non rappresenta assolutamente una novità, basta leggere ad esempio gli atti di un illuminato seminario su "Ambiente e Inquinamento" organizzato dalla Provincia e dal Provveditorato agli studi di Mantova nel febbraio-aprile 1986, ben 26 anni fa, ed in particolare la premessa dell'allora Provveditore agli Studi Gaetano Ragunì, per rendersi conto che idee valide sono state espresse ormai da molto, troppo tempo, ma il cammino da compiere è ancora molto lungo.

E' ora che alle parole seguano fatti concreti poiché la posta in giuoco è troppo alta ed il tempo a disposizione si va esaurendo.

Bibliografia

Argos M et al, *Arsenic exposure from drinking water, and all-cause and chronic-disease mortalities in Bangladesh (HEALS): a prospective cohort study*, Lancet 2010;376:252-58.

Atti del Seminario *Ambiente e Inquinamento*, Amministrazione Provinciale e Provveditorato agli Studi di Mantova 1986, Eurograf s.n.c. Canneto sull'Oglio Mantova.

Beaumont JJ et al, *Cancer mortality in a Chinese population exposed to hexavalent chromium in drinking water*. Epidemiology 2008;19:12-23.

Guidelines for drinking water quality IV Edition 2011, <http://www.who.int>

<http://water.epa.gov/learn/kids/drinkingwater/upload/The-Water-Sourcebooks-Fact-Sheets.pdf>

<http://www.infoamica.it/il-consiglio-d-europa-sollecita-una-la-restrizione-o-i-divieto-d-usodell-amalgama>".

Malorni A et al, *Contaminazioni da Diossina nella Catena Alimentare*, in "progetto Ambiente e Tumori" 2011, pp 73-81, www.registri-tumori.it/cms/it/node/2159

Monografie IARC, vol. 1-105,
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol101/index.php>

Polinuclear aromatic hydrocarbons in drinking water 2003, <http://www.who.int>

Putila JJ, Guo NL *Association of Arsenic Exposure with Lung Cancer Incidence Rates in the United States*, PLoS ONE 2011,6(10): e25886. doi:10.1371/journal.pone.0025886.

Rondeau V et al, *Aluminum and Silica in Drinking Water and the Risk of Alzheimer's Disease or Cognitive Decline: Findings From 15-Year Follow-up of the PAQUID Cohort*, American Journal of Epidemiology 2009;169:489–96.

Rosenthal E, *U.S. is Forecast to Be No. 1 Oil Producer*, The New York Times November 13 2012, p. B6.

The Blacksmith Institute & Green Cross Switzerland, *The World's Worst Pollution Problems: Assessing Health Risks at Hazardous Waste Sites 2012*, www.worstpolluted.org

van Grinsven HJM et al, *Estimation of incidence and social cost of colon cancer due to nitrate in drinking water in the EU: a tentative cost-benefit assessment*, Environmental Health 2010;9:58-70.

Wallace DF, *Questa è l'acqua*, Einaudi Editore, Torino 2009, p. 143.

www.epa.gov/ppcp/