

13 - Salinità del mare

Quanto è salato il mare... Nonno, ma perché il mare è salato?

Prof. Antonio Dal Prà geologo aprile 2021 in tempi di pandemia

Domanda micidiale quella di Matilde. Provate voi a rispondere. Sembra facile ma non lo è! Io ci ho provato, ma con scarsi risultati.

Possiamo cominciare. Lo abbiamo imparato amaramente...la prima volta che ci hanno portato al mare. Salato. Molto salato il mare. Gli specialisti dicono che su un litro di acqua marina vi siano sciolti in media ben 35 grammi di sali. Una quantità notevole. Tra l'altro questi sali in soluzione non li possiamo neppure vedere. Invisibili. Sono presenti, anche se non si vedono, su tutti i mari e gli oceani del mondo. Seppure in concentrazioni leggermente diverse da mare a mare, ma sempre acqua pesantemente salata.

Impressiona, se consideriamo che la terra è ricoperta da mari e oceani salati per il 71% della sua superficie e che il volume complessivo dell'acqua marina è stato stimato, da quelli che sanno tutto, in 1376 milioni di km^3 . Vi ricordo che 1 km^3 corrisponde ad un miliardo di m^3 e che 1 m^3 contiene 1.000 litri di acqua. Quindi ci deve essere una quantità veramente enorme di sali disciolti nei mari. Volete che facciamo qualche conto a spanne? Proviamoci. Quanto è il peso dei sali in soluzione nell'intero volume d'acqua degli oceani? Con una media di 35 gr/l, moltiplicando di qua e di là si ottiene un peso di... poco meno di 50 milioni di miliardi di tonnellate!!!! Impossibile immaginare, incredibile. Ma provate voi a fare i conti... A me risulta questa cifra enorme.

Ma da dove è capitata questa immensa quantità di sali! Intanto precisiamo subito che non si tratta solo di salgemma. Ci sono anche altri sali. Sui 35 gr/l di media, il nostro caro sale da cucina, il cloruro di sodio NaCl , è preponderante e presente con 27 gr; poi arriva buon secondo il cloruro di magnesio MgCl_2 con soli 3.8 gr, il solfato di magnesio MgSO_4 con 1.6 gr, il solfato di calcio CaSO_4 con 1.2 gr e infine il solfato di potassio K_2SO_4 con 1 gr.

Per capire la provenienza di tutti questi sali dobbiamo andare un poco indietro negli anni. Non molto, solo di 4.5 miliardi di anni fa, anno più anno meno, quando si è formata la terra solida...

Allora non c'era acqua sulla superficie, così dicono gli astrofisici, i colleghi di Margherita Hack. Ad un certo momento le masse enormi di vapore acqueo presenti nell'atmosfera primordiale si sono condensate e si sono depositate sulla superficie terrestre solida e raffreddata, andando a formare un megaoceano che circondava la famosa Pangea, l'unico grande continente che racchiudeva tutta intera la parte emersa. Come al solito, qualcuno non è d'accordo e sostiene che l'acqua sulla terra è arrivata da uno scontro terrificante con una galassia di ghiaccio. Mah! Sarà! In ogni caso l'acqua c'è e dobbiamo tenercela!!!

In origine l'acqua del megaoceano non era salata. Si riempì di sali pian piano, nei milioni di anni, sciogliendoli dalle rocce con cui venne a contatto sul fondo e sui fianchi.

Che storia, ragazzi!! Ma dicono i soliti astrofisici che sia vera. E bisogna crederci. Ma non è finita così, perché nei milioni di anni che seguirono, la nostra Pangea si è crepacciata, si è spaccata e si è divisa in placche irrequiete, che si sono distaccate tra di loro e hanno cominciato ad allontanarsi

come galleggiando. Si sono formati così gli attuali continenti con gli attuali mari ed oceani, tutti ancora in comunicazione tra loro. Con acqua salata.

Ma perché tra i sali è molto preponderante il nostro benedetto sale da cucina? Perché il cloruro di sodio è uno dei minerali più solubili presente nelle rocce, anche se si trova in quantità molto limitata.

Continua Matilde: nonno, ma perché noi non vediamo i sali sciolti nell'acqua del mare? Perché sono invisibili, anche se si sentono al gusto? Così ha insistito la nipotina. Provate voi a spiegare...

Allora mi sono ricordato quando ci regalavano " *il piccolo chimico* ". Ed ho cominciato a raccontare la storia della soluzione dei sali.

Su un pentolino versiamo 1 litro di acqua, meglio se piovana così non ha sali in soluzione. Poi cominciamo a farci cadere dentro, piano piano, una manciata di buon sale da cucina. Il sale si scioglie, scompare, non si vede più. Cosa mai è successo? Ecco cosa è accaduto, in parole molto povere, chiedendo venia ai chimici, e solo per spiegare a Matilde la nipotina: la molecola di NaCl, il sale da cucina, si è dissociata, si è divisa nei due ioni Na^+ e Cl^- , invisibili, l'uno con carica positiva e l'altro con carica negativa. E nel pentolino migliaia e migliaia di ioni in soluzione nell'acqua scorrazzano invisibili vorticosamente, silenziosamente, respingendosi uno con l'altro... Continuando a versare del sale, dopo un po' i bei cristalloni di salgemma smettono di sciogliersi e cadono sul fondo. Vuol dire che la soluzione è satura, ha raggiunto il massimo delle sue possibilità solventi. La quantità di sale che si è sciolta rappresenta il grado di solubilità del sale, nel nostro caso del NaCl.

Sapete quanto cloruro di sodio si riesce a sciogliere, in condizioni ottimali, in un litro di acqua distillata alla temperatura di 20°? Ben 370 gr. Una quantità enorme.

Vi ricordo che l'acqua del mare ne contiene solo 27 gr/l, e quindi potrebbe salarsi molto, molto di più.

Ritornando al pentolino, raggiunta la saturazione del sale, se riscaldiamo l'acqua e ne facciamo evaporare una parte diminuendo così il litro iniziale, una certa quantità del sale in soluzione è costretta a ricombinarsi in cristalli di NaCl ed a precipitare sul fondo ben visibile, perché non si ha più a disposizione la quantità d'acqua di partenza. Se al contrario aggiungo acqua al litro iniziale, la soluzione si diluisce e posso sciogliere ancora del sale.

E' il meccanismo delle saline: si copre con acqua di mare poco profonda una vasta superficie di suolo e si aspetta che il calore del sole faccia evaporare tutta l'acqua. La soluzione man mano si concentra fino a lasciare sul terreno tutto il sale che aveva in soluzione.

Vi dicevo che il salgemma ha un grado di solubilità elevatissimo, di ben 370 gr/l. Ed è per questo che è prepotentemente presente nell'acqua del mare. E' tra i minerali delle rocce più solubili. Pensate che il gesso, CaSO_4 , che si considera di buona solubilità, ha un grado di solubilità di soli 2.4 gr/l; e la calcite, CaCO_3 , di appena 0.014 gr/l.

Ritorniamo agli oceani, portate pazienza. Avrete capito che il processo chimico-fisico della soluzione dei sali è regolata da vari fattori: il tipo di sale con il suo grado di solubilità, la quantità d'acqua a disposizione, l'evaporazione, l'apporto di altro sale... Insomma un equilibrio ballerino.

Dunque, mediamente nelle acque degli oceani sono in soluzione circa 35gr/l di sali. Ma occorre precisare subito che a causa dei fattori che giocano nell'equilibrio, i diversi mari mostrano salinità medie differenti: il nostro mar Mediterraneo, piuttosto chiuso, ha una salinità media di 38-39 gr/l; il Mar Rosso, soggetto a forte evaporazione, ne ha 43; il Mar Nero 20. Il mar Baltico, con pochi scambi oceanici e diluito dagli apporti di acque dolci delle calotte glaciali, mostra una salinità molto bassa, tra 0.5 e 1.5 gr/l.

Se avete pazienza, cerchiamo di capire qualcosa in più sull'equilibrio instabile che caratterizza la salinità dei mari. Valutiamo, a grandi linee e a grandi spanne, i fattori che entrano in gioco:

A - Evaporazione = il calore del sole determina sulle acque oceaniche una fortissima evaporazione, che sottrae e trasforma in vapore una quantità annua stimata di circa 577.000 di km³ di acqua. Questo processo tende a concentrare i sali e ad aumentare la salinità.

P - Precipitazioni = Questa enorme quantità di vapore, condensandosi provoca afflussi meteo di acque dolci. Tuttavia non tutta l'acqua evaporata dagli oceani cade sulla superficie oceanica. E' stato calcolato infatti che solo 458.000 di km³ ritornano in mare come precipitazioni. Il restante, 119 km³, migra sulle terre emerse e cade sul suolo con pioggia, neve e grandine. Quindi verrebbe a crearsi un deficit di acqua agli oceani. Ma la solita Madre Natura ci mette il dito. Infatti...

C - Apporti dai fiumi = A dare una mano all'equilibrio ci pensano i fiumi, che riversano negli oceani enormi quantità di acqua dolce, che contrasta la concentrazione salina. Pensate che il Rio delle Amazzoni versa in mare una portata media annua di ben 150.000 m³/secondo. Una portata veramente enorme, se rapportata al nostro Po' che ne ha soli 1540 m³/s. Il Mississippi ne misura 18.000 m³/s, il fiume Congo 41.000 e il Nilo 3.000.

D - Apporti di Sali = Con le grandi portate di acque dolci dei fiumi arriva anche un contributo salino. Infatti le acque dei fiumi hanno in soluzione piccole quantità di sali. Ma, dai oggi e dai domani, portano agli oceani una quantità significativa di prodotti in soluzione. Per esempio il nostro Po' mostra una salinità media annua di circa 2.5 gr/litro. A questo costante apporto salino dai fiumi si aggiunge il contributo proveniente dai vulcani sottomarini e anche dagli organismi marini in putrefazione.

Ragazzi, vi sarete resi conto della complessità e variabilità del sistema. Non solo: non sappiamo se il contenuto medio salino presente oggi nelle acque oceaniche è una costante o varia nei lunghi tempi, come succede in altri fattori che sono regolati da Madre Natura. Per saperlo ci vorrebbero un paio di secoli di misure...

Si dice, e pare ormai accertato, che i mutamenti climatici in atto stanno apportando un considerevole aumento della temperatura. Ciò significa un consistente aumento dell'evaporazione delle acque marine e quindi una concentrazione dei sali. Ma dall'altra parte, e madre Natura non smette mai di sorprenderci, l'aumento termico provoca lo scioglimento accelerato del ghiaccio delle calotte polari e quindi un notevole apporto di acque dolci negli oceani e un innalzamento del livello marino.

Difficilissimo da capire quello che succederà. Staremo a vedere, per il tempo che ci rimane.

E da ultimo ragazzi, la solita capricciosa e dispettosa Madre Natura ci propone un caso di salinità veramente insolita, quella del Mar Morto. La salinità di questo strano mare è talmente elevata che

nelle sue acque nessuna forma di vita è possibile, a parte qualche povero e disgraziato batterio, e per questo lo chiamano Mar Morto. Si trova nel deserto della Giudea tra Israele, la Giordania e la Palestina. Strettamente racchiuso dentro ad una profonda depressione, si è formato circa 2 milioni di anni fa in seguito a movimenti tettonici delle placche locali, che hanno sbarrato con una catena montuosa il suo originario collegamento con il Mare Mediterraneo. Così sostengono i geologi, che ci vedono dentro a queste cose. E' stretto e lungo e copre una superficie di poco meno di 1.000 km². Lungo circa 76 km, ha una larghezza massima di circa 17 km. Ed ha una lunghissima storia, conosciuto fin dall'antichità, citato nella Bibbia, ben conosciuto dai nostri nonni Romani che usavano le sue acque per curarsi le malattie della pelle.

E' famoso in tutto il mondo per due strepitose peculiarità: si trova dentro alla più profonda depressione della terra e le sue acque sono così dense e salate che se ti immergi galleggi, non vai a fondo. Durante un mio viaggio di studio in Giordania, anni fa, sono entrato nelle sue acque, oleose e schifose e chiazzato da colori del petrolio, e vi confesso che si faceva fatica anche solo a camminarci dentro. Un mio collega ha disgraziatamente ingurgitato una boccata d'acqua: è stato a letto 2 giorni con la gola che gli bruciava.

Pensate che la superficie del mar Morto si trova a ben 415 m al di sotto del livello medio dei nostri mari ed ha una profondità massima che sfiora i 400 m. Il fondo si trova quindi a circa 800 m sotto il livello del Mediterraneo. Una situazione eccezionale e unica.

Ha una salinità elevatissima, che aumenta con la profondità: a – 40 m raggiunge i 300 gr/l; a – 100 la salinità sale a oltre 330 gr/l, raggiungendo il limite di saturazione. A quella profondità il sale non si scioglie, precipita e si accumula incrostando il fondo. Vi ricordo che la salinità media dei mari è normalmente di 35-38 gr/l. L'elevata salinità conferisce alle acque una forte densità, pari in superficie a 1.24 kg/l: il peso di un litro della nostra acqua dolce è vicino a 1 kg.

Le acque del Mar Morto sono molto utilizzate a scopo terapeutico, soprattutto per le cure della pelle. Dalle acque, con il vecchio sistema delle nostre saline, vengono estratti cloruro e carbonato di potassio, bromo, magnesio e altre cose.

Il Mar Morto è un bacino chiuso. Ha un fiume, il famoso Giordano, che funge da immissario e non ha e non può avere emissari, perché si trova a quote molto inferiori ai mari circostanti ed è sbarrato da montagne. La sua elevatissima salinità è dovuta alla fortissima evaporazione, che non è compensata dalle acque dolci immesse dal Giordano.

Anzi vi dico subito che il suo livello continua ad abbassarsi, perché continua a diminuire la portata del suo immissario, il Giordano. Si calcola che attualmente la portata del Giordano sia ridotta al solo 10 % della sua portata naturale. Israeliani e Giordani, da sempre derivano le acque del fiume per irrigare e il Mar Morto si abbassa, tra l'altro mettendo in crisi le industrie collegate allo sfruttamento delle acque salate, un tempo costruite lungo le sponde.

Attualmente il livello marino si è abbassato di ben 27 m da quello originario, i cui segni sono visibili sulle sponde. E si dice, cari ragazzi, che il Mar Morto sia destinato a scomparire e a trasformarsi in un grande lago salato asciutto.

Da anni si discute su come salvare questo strano mare dalla sua morte, ma non è così facile, sia per i soldini che servono e sia per le evidenti difficoltà politiche tra i confinanti litigiosi

Quando ero in Giordania, mi sono incontrato all'Università di Amman con un collega locale, che mi ha illustrato un progetto su cui stava lavorando. Il progetto, finalizzato a risollevare il livello marino, prevedeva di collegare il Mar Morto con il Mar Rosso a partire dal golfo di Aqaba lontano 170-200 km (in funzione dell'itinerario scelto). Occorreva superare le montagne di sbarramento con tratti in galleria, con stazioni di pompaggio, con tratti in condotta, cercando anche di sfruttare il salto considerevole di circa 400 m per la produzione di energia elettrica. Un ostacolo era anche rappresentato, oltre che dalle enormi dimensioni dell'opera, dalle diversità chimiche tra le due acque.

Certo è che, ancora una volta, dobbiamo purtroppo affermare che l'uomo ne combina di tutti i colori, minacciando di morte un mare, che già col suo nome non promette nulla di buono. L'animale umano continua a stuzzicare e punzecchiare qua e là Madre Natura, con la sua ingordigia, con la sua stupidità, e con la sua mancanza di buon senso.

Speriamo, ragazzi, che Madre Natura porti pazienza, sopporti e non decida di farci smettere e di metterci in riga.

Cari amici, debbo ahimè constatare che ho fallito nel mio compito. Matilde si è addormentata...