

VEDERE L'INVISIBILE

Lo sguardo dello scienziato dentro le cose.

Firenze, 18-19 aprile 2024

Menzione d'onore
SEZIONE TESINE TRIENNIO

L'invisibile in un bicchiere di acqua

Studenti

Falduti Antonella - Gessner Elisa - Mikahil Susanna
Ripamonti William - Rovaron Carlotta

Classe 3 LSSA

Istituto di Istruzione Superiore

Liceo scientifico Collegio della Guastalla - Monza (MB)

Docente Coordinatore

Gaviraghi Cristina

Una interessante indagine chimica per scoprire cosa si nasconde nell'acqua di un bicchiere.

Nella introduzione teorica alcune imprecisioni lessicali e semplificazioni. La parte sperimentale è ampia e ben impostata: reazioni chimiche analitiche per la ricerca di solfati, cloruri, ammoniaca ... sono fatte avvenire in tre diversi campioni raccolti sul territorio. Ben documentati con foto i procedimenti e ben descritte, solo a parole, le reazioni avvenute.

Discreta la discussione dei risultati.

Relazione ScienzAfirenze 2024: “Vedere l’invisibile – lo sguardo della scienza dentro le cose”

“L’invisibile in un bicchier d’acqua”

Programmazione e progettazione:

Il tema dell’edizione 2024 di ScienzAfirenze è senz’altro un tema ricco di spunti e apparentemente ossimorico. Il concetto di invisibile richiama a qualcosa di misterioso, imperscrutabile che poco sembrerebbe avere a che fare con un mondo razionale come quello scientifico.

La scienza significa infatti osservare, sperimentare, conoscere, tutti termini che appaiono in antitesi con la presenza di ciò che non è visibile. Abbiamo deciso di affrontare il nostro progetto servendoci della chimica, una disciplina che gli alunni incontrano già nel biennio del liceo scientifico, studiandone i primi rudimenti, per poi passare ad affrontare gli argomenti più complessi e articolati nel triennio. Si tratta di una materia trasversale che, durante il percorso scolastico, si interfaccia con le altre discipline scientifiche quali la biologia e le scienze della Terra. La chimica si occupa della composizione della materia, ossia di ciò che ci circonda e delle sue trasformazioni, secondo principi e regole ben apprezzabili nell’attività sperimentale. Da qui l’idea di utilizzare delle reazioni chimiche per descrivere una sostanza costantemente presente nelle nostre attività quotidiane e fondamentale per la vita come l’acqua. L’acqua che sgorga dai nostri rubinetti e che riempie i nostri fiumi e che, pur sembrando molto semplice, nasconde al suo interno una complessità invisibile.

Esecuzione:

L’attività è stata svolta dai ragazzi durante le ore scolastiche curricolari dedicate alle esperienze di laboratorio, durante le quali si è cercato di procedere all’analisi di diversi campioni di acqua utilizzando protocolli standard per le analisi idriche. Abbiamo preso in considerazione due acque potabili provenienti da due comuni limitrofi: quello in cui si trova la scuola e un paese confinante. Come terzo elemento da analizzare, abbiamo optato per un campione di origine fluviale, proveniente da un corso d’acqua situato nel comune in cui si trova il nostro istituto. Tra tutte le tipologie di analisi possibili, sono state scelte quelle basate su principi più familiari agli studenti e di più semplice esecuzione, in modo che i ragazzi potessero seguire al meglio la procedura e interpretare in modo chiaro i risultati. Nell’attività sperimentale sono state considerate reazioni di precipitazione e di ossido-riduzione, ed è stata sfruttata l’interazione tra luce e materia in relazione al fenomeno dell’assorbimento come descritto dalla legge di Lambert-Beer. Gli studenti hanno così utilizzato in modo sintetico e integrato le loro conoscenze in chimica e fisica, oltre che di informatica per la necessaria elaborazione dei dati sperimentali.

Difficoltà:

Per quanto riguarda la parte sperimentale eseguita in laboratorio, le difficoltà maggiori sono state riscontrate nello scegliere e cercare di adattare protocolli ideati per centri di analisi professionali a un piccolo laboratorio scolastico protocolli ideati per centri di analisi professionali. Non è stato inoltre di secondaria importanza reperire i reagenti necessari, non sempre presente in una struttura didattica a indirizzo liceale. Nella stesura della tesina i ragazzi hanno dovuto impegnarsi per sintetizzare procedure anche laboriose e alla cui base si collocano concetti chimici importanti.

Osservazioni conclusive:

La scelta di utilizzare la chimica per analizzare le acque si è rivelata efficace per rendere i principi di questa disciplina concreti e sperimentabili, spesso considerati da questi studenti come ostici e con un livello di astrazione modellistica molto alto rispetto alla realtà come *da loro* considerata *visibile*. Mostrare ai ragazzi che quanto si apprende a lezione viene applicato per valutare e certificare la qualità di una sostanza così comune e preziosa come l’acqua ha contribuito ad avvicinarli alla disciplina, comunicando come lo studio di fenomeni chimici possa essere un mezzo per disvelare un poco la realtà, mostrandoci ciò che prima era *invisibile*, sia materialmente, sia concettualmente.

L'INVISIBILE IN UN BICCHIERE D'ACQUA

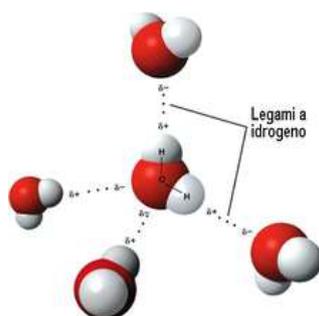


Chi non conosce la formula chimica “ H_2O ”? La presenza di acqua è la condizione essenziale per la vita di tutti gli esseri viventi. Dalle indagini geologiche e biologiche essa è risultata essere la molecola fondamentale per lo sviluppo e la crescita della vita sulla terra. La molecola d’acqua è considerata come il pilastro portante su cui la vita degli esseri viventi, animali e vegetali, si basa, si sviluppa e infine prolifera.

Ponendo la nostra attenzione sulla quantità di acqua “libera” presente sulla Terra, in particolare quella sfruttabile dagli esseri viventi, emerge come la sua presenza rappresenti all'incirca il 71% della superficie terrestre rendendola, in conclusione, il fondamento della vita sul nostro pianeta.

Ma da cosa è costituita una molecola così indispensabile? Essa è tanto importante quanto semplice: un atomo di ossigeno legato a due atomi di idrogeno tramite legami covalenti.

Tali legami hanno la caratteristica di essere polari, per via della differenza di elettronegatività degli elementi che li costituiscono. Ciò rende ragione dei legami a idrogeno che si instaurano tra le molecole d'acqua, interazioni responsabili delle molteplici e mirabolanti proprietà dell'acqua.



Il fenomeno della tensione superficiale, la forza di attrazione tra le molecole dell'acqua sulla superficie del liquido, visibile, ad esempio in natura, osservando il movimento degli insetti su uno specchio di acqua.

L'acqua in forma liquida presenta una densità maggiore rispetto a quella in forma solida, al contrario di quello che accade per altre sostanze. Qui i legami a idrogeno consentono alle molecole d'acqua di occupare allo stato solido un volume maggiore rispetto a quando si presentano in forma liquida, permettendo a un cubetto di ghiaccio di galleggiare dentro a un bicchiere colmo d'acqua.

La natura polare della molecola d'acqua rende questa sostanza un ottimo solvente, in grado con le sue interazioni, di formare soluzioni di importante valore biologico e non. Se poniamo ora l'attenzione sulla struttura fisica dell'acqua, possiamo notare come essa sia presente sulla Terra, in maniera intercambiabile, nei suoi tre stati materiali: come candido ghiaccio, impalpabile vapore inodore e incolore e chiaro e trasparente liquido.

La ragione della presenza dell'acqua sul nostro pianeta è soggetta a diverse teorie. La prima prevede che l'acqua sia il risultato di un processo di condensazione, derivante da nubi e gas, avvenuto durante il raffreddamento della Terra nei primi stadi della sua formazione.

La seconda teoria, invece, sostiene che l'acqua sia arrivata sulla Terra provenendo da altri corpi celesti quali comete o meteoriti.

Grazie alla presenza dell'acqua si sono sviluppate le prime forme di vita, inizialmente unicellulari. Da queste, si sono successivamente generati e sviluppati organismi sempre più complessi che hanno colonizzato la superficie del nostro pianeta.

L'acqua è parte costitutiva degli organismi viventi stessi, eucarioti e procarioti, per almeno il 50% della loro composizione.

Se consideriamo ad esempio il corpo umano, esso è formato da acqua, con una percentuale generalmente compresa fra il 65% e il 70%. Di tale quantità, circa il 67% è contenuto nelle cellule, il 25% si trova negli spazi intercellulari, mentre la parte restante, approssimativamente l'8%, è presente nel flusso ematico.

Per mantenersi in vita e in salute tutti gli esseri viventi devono mantenere un corretto equilibrio idrico all'interno del proprio corpo e, per farlo occorre che prendano acqua dall'ambiente.

Da qui la necessità di avere a disposizione H₂O controllata e "di buona qualità".

Ma cosa significa tale affermazione? L'acqua che utilizziamo quali caratteristiche deve possedere? Ciò significa forse che in un bicchiere di questo liquido trasparente i due atomi di idrogeno e l'atomo di ossigeno non siano gli unici attori?

La qualità dell'acqua destinata al consumo umano è legata alle caratteristiche e alla purezza delle risorse idriche di superficie e sotterranee da cui viene prelevata. Tali proprietà vengono controllate e monitorate con il fine di ripristinare all'occorrenza, con interventi idonei, le condizioni ottimali.

Possono essere infatti effettuati trattamenti delle acque prima dell'erogazione, per ottenere una riduzione degli elementi indesiderati e garantire l'idoneità al consumo dell'acqua che è destinata alla distribuzione.

Avere acqua a disposizione è sempre stato, nel corso della storia, un aspetto di fondamentale importanza. Lo sviluppo della civiltà è stato legato alla presenza dell'acqua. Le prime forme di

società nacquero e si svilupparono in prossimità dei grandi fiumi e fin dall'antichità l'uomo è stato dipendente dalla disponibilità di acqua, prima sfruttando passivamente i bacini idrici e successivamente ideando mezzi per approvvigionarsi e trasportare anche a lunghe distanze questo bene prezioso.

L'accesso all'acqua, e in particolare a quella potabile, in misura tale da garantire la sopravvivenza e le attività economiche, è un diritto. Rendere l'acqua potabile è sempre stato dunque un bisogno antico. Gli antichi greci svilupparono dei bacini di aerazione per la depurazione dell'acqua, i Romani costruirono enormi acquedotti in grado di trasportare acqua a distanza considerevole. Fu però a partire dalla seconda metà del 1800 che si iniziò a ideare metodi per la sua disinfezione, per rispondere all'esigenza di difendersi da malattie veicolate dall'acqua stessa. Nel 1854, durante un'epidemia di colera a Londra, John Snow scoprì che tale patologia era provocata dal pompaggio di acqua contaminata, così come altre malattie diffusesi in quel periodo.

Nel 1893 venne usato l'azoto per il trattamento delle acque del Reno, mentre nel 1900 vennero scoperti i primi disinfettanti a base di cloro. Nel 1905 a Nizza, fu realizzato un grande impianto di potabilizzazione dell'acqua che impiegava ozono per la disinfezione. A Marsiglia nel 1910, si implementò il primo impianto di potabilizzazione a raggi ultravioletti e nella seconda metà degli anni '20 si diffuse l'importante testo del professor Giovanni Issoglio in cui era possibile trovare indicazioni in merito ai requisiti di potabilità delle acque. Tutto ciò diede l'impulso perché iniziasse a venire distribuita acqua più pulita e sicura per la salute.

Il processo di disinfezione dell'acqua, che ancora oggi utilizza la clorazione mediante ipoclorito, cloro gassoso o biossido di cloro o trattamenti con ozono o radiazione ultravioletta, garantisce l'eliminazione di patogeni eventualmente presenti. I microrganismi patogeni non sono però i soli contaminanti dell'acqua che devono essere rimossi per renderla idonea all'utilizzo e al consumo umano.

L'acqua, per diventare potabile, deve quindi essere analizzata, monitorata e sottoposta a trattamenti operati da gestori idrici specializzati che seguono una precisa normativa e che sono controllati dall'autorità sanitaria competente.

Grazie a numerosi studi, nel corso degli anni, è stato possibile comprendere come l'acqua, a causa della sua enorme diffusione sulla Terra, entri spesso in contatto con numerosi agenti inquinanti i quali, se non opportunamente rimossi o trattati, possono impattare negativamente sulla vita degli organismi viventi.

Esistono inquinanti di origine naturale che derivano principalmente dalle rocce presenti nella crosta terrestre e che spesso necessitano di ampie e lunghe procedure di smaltimento. I principali contaminanti di questo tipo sono: l'arsenico, il fluoro, il vanadio e l'uranio. Meno comuni degli "elementi" citati precedentemente, ma talvolta causa di inquinamenti massivi, sono: i composti chimici basati sulle cianotossine, prodotte da cianobatteri, detti un tempo alghe verdi-azzurre, che proliferano negli specchi idrici.

Il termine "inquinanti di origine artificiale", invece si riferisce a una serie di sostanze chimiche prodotte e disperse nell'ambiente idrico da attività antropiche, in grado di contaminare l'acqua mettendo a rischio l'ecosistema circostante. Le cause principali di questo tipo di inquinamento possono essere ricondotte ad attività industriali, agricole, e alla produzione di energia.

Perché l'acqua possa definirsi potabile deve sottostare a determinati requisiti stabiliti da una precisa normativa. Il decreto legislativo 31/2001, aggiornato poi con il 18/2023, indica i parametri

microbiologici e chimici da rispettare per poter classificare un'acqua adatta al consumo umano. La normativa stabilisce inoltre altri parametri indicatori non legati a rischi per la salute, ma sintomatici di una modifica della qualità dell'acqua che devono essere monitorati.

Nella seguente tabella vengono riportati alcuni parametri indicati nella normativa

| <i>Parametro</i> | <i>Valore di parametro</i> | <i>Unità di misura</i> | <i>Note</i> |
|--|--|----------------------------|--|
| Alluminio | 200 | µg/l | |
| Ammonio | 0,50 | mg/l | |
| Cloruro | 250 | mg/l | Nota 1 |
| Clostridium perfringens (spore comprese) | 0 | Numero/100 ml | Nota 2 |
| Colore | Accettabile per i consumatori e senza variazioni anomale | | |
| Conduttività | 2500 | µScm ⁻¹ a 20° C | Nota 1 |
| Concentrazione ioni idrogeno | ≥6,5 e ≤9,5 | Unità pH | Note 1 e 3 |
| Ferro | 200 | µg/l | |
| Manganese | 50 | µg/l | |
| Odore | Accettabile per i consumatori e senza variazioni anomale | | |
| Ossidabilità | 5,0 | mg/l O ₂ | Nota 4 |
| Solfato | 250 | mg/l | Nota 1 |
| Sodio | 200 | mg/l | |
| Sapore | Accettabile per i consumatori e senza variazioni anomale | | |
| Conteggio delle colonie a 22° C | Senza variazioni anomale | | |
| Batteri coliformi a 37° C | 0 | Numero/100 ml | Nota 5 |
| Carbonio organico totale (TOC) | Senza variazioni anomale | | |
| Torbidità | Accettabile per i consumatori e senza variazioni anomale | | Nota 6 |
| Durezza * | | | Il limite inferiore vale per le acque sottoposte a trattamento di addolcimento o di dissalazione |
| Residuo secco a 180° C ** | | | |
| Disinfettante residuo *** | | | |

Indipendentemente dalla sensibilità del metodo analitico utilizzato, il risultato deve essere espresso indicando lo stesso numero di decimali riportato in tabella per il valore di parametro.

Non ferdandoci quindi alle apparenze e senza farci trarre in inganno dal quasi banale utilizzo dei sensi, ci siamo interrogati sul fatto che esistono, all'interno di un limpido e trasparente bicchiere d'acqua, non solo atomi di idrogeno e di ossigeno, ma una serie di sostanze che il nostro occhio non è in grado di percepire e distinguere.

Come fare però a vedere "l'invisibile che c'è in un bicchiere d'acqua"?

Un aiuto a rispondere a questa domanda viene dalla chimica, la scienza che studia la composizione e le trasformazioni della materia. Nella nostra attività sperimentale abbiamo infatti deciso di analizzare tre diversi campioni di acqua e di servirci di alcune reazioni chimiche per individuare la presenza di alcune sostanze all'interno di tali campioni:

- la formazione di un precipitato che modifica l'assorbanza del campione per andare poi a quantificare la sostanza in esame, nel nostro caso i solfati, sfruttando la legge di Lambert-Beer che mette in relazione l'assorbanza con la concentrazione ($A = \epsilon * l * C$)
- la caratteristica dell'argento di formare con il cloro un sale insolubile in acqua, intorbidendo la stessa e rivelando così la presenza di cloruri
- la proprietà ossidante del permanganato di potassio, rilevabile tramite un cambiamento di colore, nei confronti delle sostanze organiche presenti nell'acqua
- la capacità di un particolare reagente, il reattivo di Nessler, di reagire con l'ammoniaca presente nel campione formando un complesso colorato, la cui concentrazione può essere misurata ricorrendo ancora alla legge di Lambert-Beer
- la proprietà dell'acqua di evaporare lasciando come residuo i sali inorganici in essa precedentemente disciolti in modo da quantificare il cosiddetto residuo fisso

PARTE SPERIMENTALE:

Primo Esperimento

Nel primo esperimento si è voluto fare un saggio di determinazione dei solfati nelle acque. Abbiamo usato il metodo turbidimetrico, precipitando lo ione solfato (SO_4^{2-}) con cloruro di bario (BaCl_2) in ambiente acido (per HCl), si è ottenuto un sale, il solfato di bario (BaSO_4) che ha intorbidito il campione. Tramite un colorimetro è stata poi misurata, alla lunghezza d'onda di 450nm, l'assorbanza dei vari campioni, direttamente correlata alla presenza dei solfati. Per risalire alla concentrazione dei solfati nei campioni analizzati ci siamo serviti di una retta di taratura, ottenuta misurando l'assorbanza di soluzioni di solfato di sodio (Na_2SO_4) a concentrazione nota.

Strumenti e materiali:

- Beute (portata: 250mL; sensibilità: 50mL)
- Matracci (capacità 50mL)
- Cilindro graduato (portata: 50mL; sensibilità: 1mL)
- Pipetta graduata (portata: 10mL; sensibilità: 0,1mL)
- Ancorette e agitatore Magnetico
- Cuvette (cammino ottico 1cm)
- Colorimetro
- Acqua distillata
- Soluzione di glicerina e acqua (1:1)
- Soluzione di NaCl e HCl (200g di NaCl in 1L di acqua contenente 40mL di HCl concentrato)
- Soluzione stabilizzante ottenuta miscelando la soluzione di glicerina con quella di NaCl in rapporto 2:1
- Soluzione di riferimento di Na_2SO_4 (0,1g/L SO_4^{2-})
- Soluzione di cloruro di bario ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 90g di sale in 1L di acqua

Campioni da analizzare:

- Acqua di Monza - San Fruttuoso (prelevata presso il Collegio della Guastalla)
- Acqua di Concorezzo
- Acqua del fiume Lambro (prelevata nel comune di Villasanta)

Procedimento:

Si sono preparate in matracci tarati una serie di soluzioni standard diluendo aliquote della soluzione di solfato di sodio fino a ottenere le seguenti concentrazioni finali di solfati: 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L, 50 mg/L.

Si sono poi prelevati 30 mL delle soluzioni standard/campioni d'acqua (Monza S. Fruttuoso, Concorezzo, fiume Lambro) e si sono inseriti ciascuno in una beuta da 250 ml. Successivamente si sono aggiunti 10 ml della soluzione stabilizzante insieme a 5 mL della soluzione di cloruro di bario. Dunque, si è sottoposto il contenuto delle beute ad agitazione tramite ancoretta su piastra magnetica per 2 minuti. Dopo un riposo di 5 minuti si è agitato ancora per 15 secondi. Infine, sono state riempite le cuvette del colorimetro con le soluzioni standard e con i campioni e si è misurata l'assorbanza a 450nm.

I Dati ottenuti dall'esperimento sono stati i seguenti:

| Concentrazioni SO_4^{2-} (mg/L) | Assorbanza |
|--|-------------------|
| 10 | 0,202 |
| 20 | 0,229 |
| 30 | 0,268 |
| 40 | 0,294 |
| 50 | 0,323 |

Tabella 1: assorbanze delle soluzioni standard con concentrazioni note di solfato

| Campioni acque | Assorbanza |
|-----------------------|-------------------|
| Monza San Fruttuoso | 0,304 |
| Concorezzo | 0,315 |
| Fiume Lambro | 0,235 |

Tabella 2: assorbanze dei campioni di acqua analizzati

I dati di assorbanza relativi alle soluzioni a concentrazione nota, sono stati utilizzati per costruire la retta di taratura riportata nel grafico sottostante che ben approssima la relazione lineare esistente tra assorbanza e concentrazione (R^2 vicino a 1).

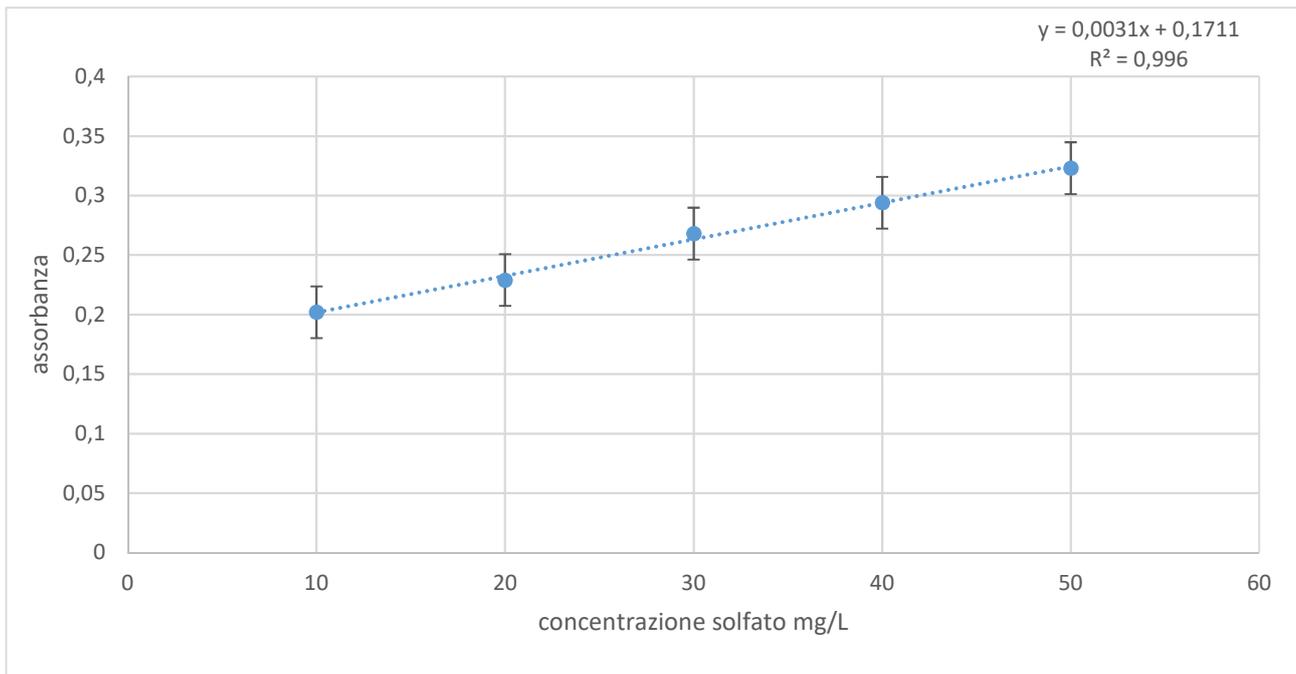


Grafico 1: retta di taratura solfati

Dall'equazione di tale retta ($y=0,0031x + 0,1711$), una volta misurati i valori di assorbanza, sono state ricavate le concentrazioni di solfati incognite nei tre campioni di acqua analizzati.

| Campioni acque | Concentrazioni solfati (mg/L) |
|---------------------|-------------------------------|
| Monza San Fruttuoso | 42,87 |
| Concorezzo | 46,42 |
| Lambro | 19,00 |

Tabella 3: Concentrazioni di solfati nei campioni di acqua in esame

Secondo Esperimento

Nel secondo esperimento è stata esaminata la presenza di cloruri nell'acqua, solamente dal punto di vista qualitativo. Al fine di verificare quest'ultima, è necessaria la precipitazione di un sale insolubile, creabile tramite nitrato d'argento (AgNO_3) che rende l'acqua opaca, evidenziando quindi l'esistenza dei cloruri stessi nell'acqua.

Strumenti e materiali:

- Pipetta graduata (portata: 10mL; sensibilità: 0,1mL)
- Pipetta Pasteur
- Spatola
- Provette
- Porta provette
- Bilancia (portata: 300g; sensibilità 0,1g)
- Acido nitrico (HNO_3) - 10%
- H_2O distillata
- Soluzione di nitrato di argento (AgNO_3) 0,1N

Campioni analizzati:

- Acqua di Monza San Fruttuoso
- Acqua di Concorezzo
- Acqua del fiume Lambro

Procedimento:

Sono state preparate quattro provette: la prima (controllo negativo) contenente 3mL di acqua distillata e 3 provette, ognuna riempita con 3 ml di ciascun campione d'acqua da analizzare. In ogni provetta sono stati aggiunti 3 ml di acido nitrico e, successivamente, 4-5 gocce di nitrato d'argento. In ambiente acido, in presenza di cloruri, il nitrato di argento reagisce formando cloruro di argento (AgCl), insolubile in acqua che conferisce al contenuto della provetta un aspetto torbido e biancastro.

Confrontando i campioni analizzati con il controllo negativo, rimasto trasparente per l'assenza certa di cloruri, abbiamo notato la comparsa di una colorazione biancastra e opaca indice della formazione di AgCl e quindi della presenza di cloruri. Visivamente, da una pura valutazione qualitativa, il contenuto in cloruri è apparso paragonabile nei campioni delle acque potabili e lievemente superiore nel campione di acqua fluviale.



Monza San Fruttuoso



Concorezzo



Fiume Lambro

Terzo esperimento

Nella terza attività sperimentale si è analizzata quantitativamente la presenza delle sostanze organiche nei campioni d'acqua. Per questo scopo è stato adottato un metodo di analisi indiretto basato sulla capacità ossidante del permanganato di potassio (KMnO₄).

Grazie a tale metodo (metodo di Kubel) si determina la quantità di ossigeno consumato durante il processo di ossidazione delle sostanze organiche la cui entità è direttamente correlata alla quantità di tali sostanze presenti.

La reazione viene visualizzata grazie alla diversa colorazione del Mn nello stato ossidato (+7 - viola) e nello stato ridotto (+5 - trasparente). La reazione avviene in ambiente acido grazie alla presenza di acido solforico (H₂SO₄).

Strumenti e materiali:

- Beute (portata: 250mL; sensibilità: 50mL)
- Piastra riscaldante
- Pipetta graduata (portata: 10mL; sensibilità: 0,1mL)
- Bilancia (portata: 300g; sensibilità 0,1g)

- Matracci (capacità: 50mL)
- Provette
- Porta provette
- KMnO_4 (permanganato di potassio) 0,01N
- H_2SO_4 (acido solforico) diluito 1:3
- H_2O distillata
- $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (acido ossalico) 0,01N

Campioni analizzati:

- Acqua di Monza San Fruttuoso
- Acqua di Concorezzo
- Acqua del fiume Lambro

Procedimento:

Si è prelevata una quantità di campione pari a 100mL e la si è inserita in una beuta da 250mL. Si sono poi aggiunti 5mL di H_2SO_4 diluito e 10mL di soluzione di KMnO_4 .

Successivamente si è portato il tutto a ebollizione su piastra riscaldante per 10 minuti. Si è lasciato raffreddare fino a 60°C circa e si è aggiunta una quantità di $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ pari a quella di KMnO_4 (stesso numero di equivalenti).

La soluzione da rosa è diventata incolore.

Si è titolato poi l'eccesso di $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ con KMnO_4 fino al viraggio (colore rosa).

Gli equivalenti in eccesso di $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ sono pari a quelli di KMnO_4 che hanno reagito con le sostanze organiche.



La riduzione del KMnO_4 fornisce l'ossigeno utilizzato per l'ossidazione delle sostanze organiche il cui tenore, nei campioni analizzati, viene espresso in termini di mg di ossigeno consumato per litro di acqua.

$$\text{C.O.} = \frac{(v \cdot N \cdot 8) \cdot 1000}{V}$$

v=volume di soluzione di KMnO_4 usato per titolare l'eccesso di $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (L)

N=normalità della soluzione di KMnO_4

8=massa in grammi di 1 equivalente di ossigeno

1000=fattore di conversione tra g e mg

V=volume del campione di acqua analizzato (L)



Il volume di soluzione di KMnO_4 usato per titolare l'eccesso di $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ nei vari campioni analizzati è stato il seguente:

- Acqua di Monza San Fruttuoso: 3,5mL
- Acqua di Concorezzo: 3mL
- Acqua del fiume Lambro: 6,5 mL

Dalla formula sopra riportata sono stati ottenuti i seguenti valori:

| Campioni di acqua | Ossigeno (mg/L) |
|---------------------|-----------------|
| Monza San Fruttuoso | 2,8 |
| Concorezzo | 2,4 |
| Lambro | 5,2 |

Tabella 4: la quantità di Ossigeno consumato nell'ossidazione delle sostanze organiche

Da tali dati si nota come la presenza di sostanze organiche sia paragonabile nelle acque potabili di Monza e Concorezzo, ma più elevata in quella del fiume Lambro.

Quarto esperimento

In questo quarto esperimento è stato quantificato il residuo fisso derivato dai nostri campioni, ossia la quantità di sali disciolti nell'acqua.

Strumenti:

- Bilancia (portata: 300g; sensibilità 0,1g)
- Cilindro graduato (portata: 100mL; sensibilità: 1mL)
- Piastra riscaldante
- Pirottini di alluminio

Campioni analizzati:

- Acqua di Monza San Fruttuoso
- Acqua di Concorezzo
- Acqua del fiume Lambro

Procedimento:

Per ogni campione da analizzare, sono stati pesati e preparati 4 pirottini di alluminio, ciascuno riempito con 130 ml di acqua (totale per ciascun campione 520 mL). In seguito, sono stati posti su piastra riscaldante accesa alla massima potenza e sono stati poi pesati una volta avvenuta la completa evaporazione del liquido. Dalla differenza tra la massa del pirottino dopo l'evaporazione e la massa del pirottino iniziale è stato calcolato il residuo fisso per ogni campione.



| Campione | Massa pirottini iniziale(g) | Massa pirottini finale(g) | Massa pirottini finale-massa pirottini iniziale(g) | Residuo fisso (mg/L) |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| Monza San Fruttuoso | 3,1x4=12,4 | 3,2x4=12,8 | 0,4 | 769,2 |
| Concorezzo | 3,1x4=12,4 | 3,2x4=12,8 | 0,4 | 769,2 |
| Fiume Lambro | 3,1x4=12,4 | 3,3x4=13,2 | 0,8 | 1538 |

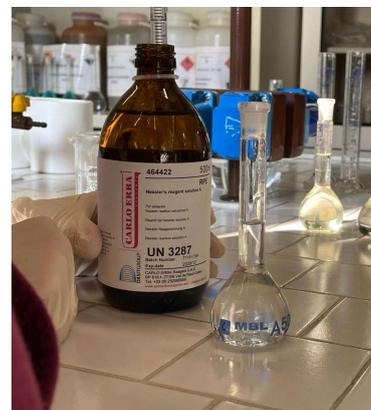
Dai dati ottenuti emerge che anche per ciò che riguarda il residuo fisso i risultati relativi alle acque di Monza San fruttuoso e Concorezzo risultano comparabili, mentre per ciò che riguarda il fiume Lambro il dato ottenuto è circa il doppio delle acque potabili.

Quinto Esperimento

Nell'ultimo esperimento si è andati a determinare quantitativamente la presenza di azoto ammoniacale nei nostri campioni. È stato usato il reattivo di Nessler, il quale è in grado di reagire con l'ammoniaca per formare un complesso di una colorazione giallo arancio, tanto più intensa quanto è maggiore la presenza di azoto. Tale soluzione colorata assorbe luce alla lunghezza d'onda di 450nm e questa proprietà è stata utilizzata per valutare la concentrazione di azoto ammoniacale presente nei campioni tramite la legge di Lambert-Beer ($A = \epsilon * l * C$)

Strumenti e materiali:

- Cilindro graduato (portata: 50 mL; sensibilità: 1mL)
- Pipetta graduata (portata: 10mL; sensibilità: 0,1mL)
- Beute
- Colorimetro
- Cuvette (cammino ottico 1cm)
- Acqua distillata
- K_2HgI_2 (Reattivo di Nessler)
- NH_4Cl (soluzione 0,001mg/mL)
- EDTA (acido etilendiamminotetraacetico, soluzione preparata sciogliendo 50g di EDTA in 60 mL di acqua contenente 10g di NaOH e portando a volume di 100mL)



Campioni analizzati:

- Acqua di Monza San Fruttuoso
- Acqua di Concorezzo
- Acqua del fiume Lambro

Procedimento:

La prima cosa è stata creare cinque soluzioni a concentrazione di azoto ammoniacale nota partendo dalla soluzione di NH_4Cl . In cinque matracci da 50ml sono stati inseriti rispettivamente: 2,5 ml, 5 ml, 10 ml, 15 ml e 20 ml della soluzione di madre di cloruro di ammonio per poi portare a volume di 50 mL. Si sono così ottenute soluzioni con le seguenti concentrazioni di azoto ammoniacale:

1. 0,05 mg/L
2. 0,1 mg/L
3. 0,2 mg/L
4. 0,3 mg/L
5. 0,4 mg/L

Si sono inoltre riempiti tre matracci contenenti ciascuno 50ml di campione di acqua da analizzare. Successivamente, a ogni soluzione/campione è stata aggiunta una goccia di soluzione di EDTA e due mL di reattivo di Nessler. L'aggiunta di EDTA ha un effetto stabilizzante in quanto sequestra eventuali ioni calcio e magnesio presenti che potrebbero reagire con il reattivo di Nessler. Dopo circa 15 minuti, tempo necessario per far avvenire la reazione e consentire il completo sviluppo della colorazione, si sono riempite le cuvette del colorimetro con ciascun campione e si è misurata l'assorbanza a 450nm

| Concentrazioni azoto ammoniacale (mg/L) | Assorbanza |
|--|-------------------|
| 0,05 | 0,016 |
| 0,1 | 0,039 |
| 0,2 | 0,043 |
| 0,3 | 0,056 |
| 0,4 | 0,060 |

Tabella 1: assorbanze delle soluzioni standard con concentrazioni note di azoto ammoniacale

| Campioni acque | Assorbanza |
|-----------------------|-------------------|
| Monza San Fruttuoso | < 0,001 |
| Concorezzo | < 0,001 |
| Fiume Lambro | < 0,001 |

Tabella 2: assorbanze dei campioni di acqua analizzati

Le soluzioni a concentrazione nota di cloruro di ammonio sono servite per poter costruire la retta di taratura da utilizzare per determinare la concentrazione incognita di azoto ammoniacale nei tre campioni.

I valori delle assorbanze di questi ultimi sono però risultati pari inferiori al valore di 0,01, indicando che la concentrazione di azoto ammoniacale nei campioni analizzati è stimata al di sotto del limite di sensibilità del metodo utilizzato per la determinazione.

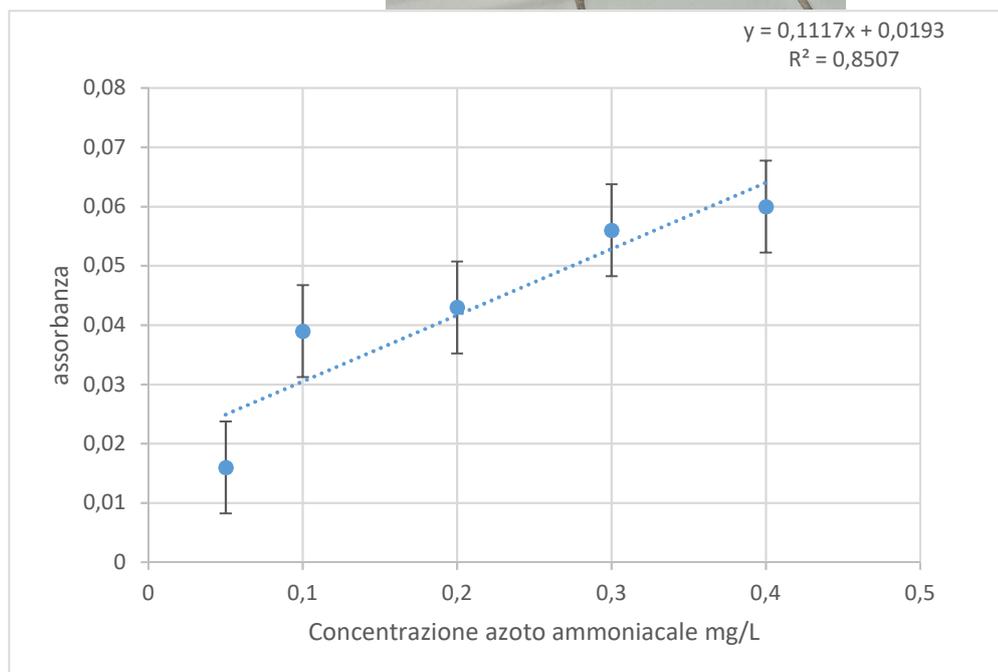


Grafico 2: retta di taratura azoto ammoniacale

Conclusioni:

Le attività sperimentali svolte ci hanno permesso di analizzare tre diversi campioni di acqua presenti nell'area in cui viviamo, due provenienti dagli acquedotti che servono le nostre case e uno prelevato da un corso d'acqua che attraversa la città in cui si trova la nostra scuola.

Nel primo esperimento siamo arrivati a determinare la concentrazione dei solfati presenti. Tali sostanze sono presenti in natura perché contenute in molti minerali e possono contaminare le acque in quanto usati nella produzione di fertilizzanti, insetticidi, saponi, tessuti e in altre attività industriali chimiche e della lavorazione di alcuni materiali. Possono essere inoltre un residuo del trattamento per la potabilizzazione delle acque.

I solfati non sono tossici per l'uomo, sebbene possano causare disturbi, principalmente di tipo gastrointestinale, se presenti in quantità eccessive. La normativa ha fissato il limite di tale parametro per le acque destinate al consumo umano a 250mg/L, valore ben superiore a quello che abbiamo riscontrato nei nostri campioni di acqua potabile e anche in quello di acqua fluviale.

Le sostanze organiche di origine vegetale o animale sono presenti nelle acque e possono essere indice di inquinamento poiché derivano da fertilizzanti e scarichi fognari. Il limite superiore consentito di sostanza organica per poter definire un'acqua come potabile è stato stabilito in 5mg/L. Dalle nostre analisi quindi le acque di Monza San Fruttuoso e Concorezzo risultano adatte per il consumo umano mentre quelle del Lambro no, come era prevedibile.

Anche la presenza di azoto ammoniacale può essere indice di inquinamento, dato che deriva da attività industriali, agricole e dalla presenza di possibili batteri, reflui animali o scarichi urbani.

Dalla nostra analisi è emerso che tutti i campioni di acqua analizzati hanno un contenuto di azoto ammoniacale certamente inferiore al valore di 0,5mg/L, limite massimo stabilito dalla normativa per le acque potabili.

La quantità di sali minerali presenti nelle acque, stimabile mediante la determinazione del residuo fisso, non si riferisce a sostanze nocive, ma è un indice delle proprietà e delle qualità organolettiche dell'acqua stessa.

In base al residuo fisso le acque vengono così classificate:

1. Minimamente mineralizzate: < 50 mg/l; (acque povere di sali minerali)
2. Oligominerali: <500 mg/l;
3. Minerali: residuo fisso compreso tra 500 e 1000 mg/l;
4. Ricche di sali minerali: residuo fisso > 1500 mg/l.

Le acque potabili analizzate, secondo i nostri dati, rientrano quindi tra le acque minerali, mentre l'acqua del Lambro risulta essere classificabile come "ricca di sali minerali".

Solfati, cloruri, sostanze organiche, ammoniaca, sali minerali sono tutte sostanze presenti in un bicchier d'acqua, ma la limpidezza e la trasparenza dell'acqua non li rivelano ai nostri occhi. Scoprirne la presenza però è possibile ed è diventata anche una necessità per determinare le caratteristiche e la qualità di quel bene fondamentale e prezioso che è l'acqua.

E uno dei modi che ha l'uomo per "vedere l'invisibile" è sfruttare le proprietà della materia che ha imparato a conoscere nel tempo e a gestire tramite la pratica della chimica, una scienza che non solo può produrre nuove sostanze o trasformarne altre, ma che è anche in grado di portare alla luce ciò che è profondamente nascosto alla nostra vista.

Bibliografia e sitografia:

https://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_4.jsp?lingua=italiano&tema=Ambiente%20e%20salute&area=acque_potabili

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjP_YmJyMyEAXVEOHoKHQJeDoIQFnoECBcQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.arp.atoscana.it%2Fdocumentazione%2Freport%2Fcultura-e-conoscenza-delle-acque-potabili-nella-storia-2009.zip%2Fattachment_download%2Fpubblicazione&usg=AOvVaw3CnuCrsVAhqNEf1P4tQlcB&opi=89978449

<https://www.irsa.cnr.it/wp/>

Ricci, Marchesani, De Leo "chimica, dagli atomi alle trasformazioni", DeA scuola