

A03



# La Chimica nella Scuola

*a cura di*



Società Chimica Italiana



Copyright © MMXIV  
ARACNE editrice S.r.l.

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)  
[info@aracneeditrice.it](mailto:info@aracneeditrice.it)

via Raffaele Garofalo, 133/ A–B  
00173 Roma  
(06) 93781065

ISBN 978-88-548-XXXX-X  
ISSN 0392-8942

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,  
di riproduzione e di adattamento anche parziale,  
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie  
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: settembre 2014

## SOMMARIO

### EDITORIALE

#### **Chimica e cambiamenti climatici**

di Luigi Campanella 7

### SCUOLA PRIMARIA

#### **Il volume: un concetto dalle molteplici sfaccettature**

di Elena Scubla 9

#### **ATTIVITA' DIDATTICA SUL DNA. Parte I**

di Valentina Domenici, Chiara Gerardi, Erica Parri, Alessandro Lenzi 25

#### **NAPUS: A New Approach for the Public Understanding of Science based on Cultural Heritage Conservation**

di Andrea Macchia, Nicoletta Barbabietola, Elisa Gravagna, Fernanda Prestileo, Luigi Campanella, Maria Teresa Jaquinta, Elena Montella 35

#### **BIXA ORELLANA, IL ROSSO DEGLI AZTECHI: Parte II**

##### **Prove di laboratorio**

di Gianfranco Goi, Maria Miurin 53

#### **TRA PASSATO E FUTURO (a cura di Marco Ciardi)**

##### **L'ANTICA SACRALITA' DI UN CLORURO**

di Maura Andreoni 67

#### **IL DIOSSIDO DI CARBONIO SUPERCRITICO**

##### **Come rimettere in circolo le banconote deteriorate risolvendo l'impatto ambientale.**

di Pasquale Fetto 73

#### **FEDERCHIMICA PER LA SCUOLA (a cura di Luigi Campanella)**

Federchimica: come affronta il triennio 2014-2017 79

Le nanotecnologie spiegate ai più piccoli 79

Scoperto il più pesante elemento chimico 80

Green Week: Energ-Ice di Federchimica tra i migliori progetti UE 81

I fertilizzanti si impegnano contro i cambiamenti climatici 82

### NOTIZIE FLASH

Contro la scuola "No Sav" 85

Ricicliamo l'Alluminio 85

Giornate Pan-Europee dell'educazione ambientale 86

Professionisti dei beni culturali 86

Svegliamoci con un buon caffè 87



## Chimica e cambiamenti climatici

La discussione sui cambiamenti climatici e sull'influenza esercitata su di essi da parte delle attività antropiche si articola su due posizioni estreme (è tutta colpa dell'uomo che ha provocato danni irreversibili e continua a provocarne, il riscaldamento globale non è prodotto dall'accresciuto effetto serra ma dalle oscillazioni statisticamente sempre rilevabili) e su molte intermedie fra queste. In ogni caso però l'effetto serra dovuto all'immissione in aria di gas come  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  ed altri ed alla presenza di vapori d'acqua viene considerato il responsabile quasi unico del riscaldamento globale. Di certo è il principale ma la chimica ci aiuta ad individuare altri fenomeni collegati ad esso che possono poi svolgere un ruolo anche significativo.

La produzione di inquinamento comporta l'alterazione di numerosi processi di risanamento naturale primo fra tutti la fotosintesi, il principale antidoto alla sovrapproduzione di  $\text{CO}_2$ . La radiazione solare catalizza con la sua componente UV direttamente o attraverso la produzione di radicali liberi alcune reazioni fotodegradative di composti organici caratterizzati da effetti eso o endotermici da non trascurare.

Il suolo con la sua differente composizione in relazione alla diversa natura delle rocce da cui la pedogenesi lo ha prodotto è un sistema importante nel controllo termico. La presenza su di esso di coltivazioni ne altera la fertilità e la organicità con riflessi sulle capacità di respirazione e produzione di  $\text{CO}_2$  anche in relazione alle anticipate primavere e prolungati autunni che finiscono per alterare, rispetto al passato, il rapporto fra  $\text{CO}_2$  prodotta dalla respirazione e consumata dalla fotosintesi.

Il vapore acqueo è un gas serra ma le nuvole che esso produce riducono l'intensità della radiazione solare: qual'è il bilancio complessivo.

La fusione dei ghiacci diluisce la soluzione salina di cui è costituito il mare: a tale effetto corrisponde un effetto termico che può essere valutato e che viene ad alterare i valori del riscaldamento globale misurato in termini di innalzamento termico. A tutto ciò si deve aggiungere che molti dei processi di combustione che influenzano la

temperatura del pianeta avvengono in modo non perfetto (si pensi agli autoveicoli, alle macchine industriali) con la conseguenza di produrre composti con capacità di inibitori enzimatici e conseguente perturbazione di processi naturali con conseguente effetto termico.

Le variazioni climatiche incidono sulla composizione media del legno (rapporto lignina/cellulosa) e quindi, tenuto conto del ruolo regolatore che la cellulosa può assumere, anche questa composizione può essere un elemento capace di esercitare la sua influenza.

Spesso la nostra disciplina viene trascurata o sottovalutata: certamente le scienze ambientali, la fisica, e la matematica sono discipline precise che non possono essere trascurate, ma dinanzi alla vita – ed il clima con i suoi limiti alla compatibilità con la vita stessa ne è certamente riflesso essenziale – credo che la chimica sia la disciplina madre se si vuole accrescere il livello di comprensione e quindi di intervento.



## **Il volume: un concetto dalle molteplici sfaccettature**

Elena Scubla\*

### **Riassunto**

*Mentre nella normale prassi scolastica i concetti di volume e capacità sono trattati in maniera separata nel curriculum, in questo contributo viene proposta una loro presentazione congiunta. Inoltre, il consolidamento delle conoscenze acquisite sul volume avviene attraverso la raccolta di dati sul consumo di acqua per uso domestico per favorirne un consumo consapevole. Viene introdotta anche la costruzione della relazione che lega peso e volume come prerequisito per far acquisire il concetto di peso specifico e, infine, si introduce il fenomeno della dilatazione dei corpi, sia liquidi che solidi.*

### **Abstract**

*While in school practice the concepts of volume and capacity are treated separately in the curriculum, in this paper I propose a joint submission. In particular, the consolidation of knowledge on the volume is through the collection of data of water consumption for house use to promote responsible consumption. Is also introduced the relationship between weight and volume to capture the concept of specific weight; and, finally, is introduced the phenomenon of expansion of the bodies, both liquid and solid.*

### **Premessa**

La costruzione del concetto di volume e di capacità è di grande importanza per l'acquisizione di numerosi concetti matematici e scientifici. Tradizionalmente nella scuola primaria si dedica molta cura a far acquisire i criteri per effettuare misure di lunghezza, mentre meno spazio si dedica all'acquisizione dei concetti di volume e di peso. Per le misure di lunghezza, infatti, si fanno prima eseguire misure arbitrarie e solo in un secondo momento (dopo averne mostrato i limiti) si introducono le unità di misura e si effettuano le misure standard proponendo molte esperienze. A quelle di capacità, volume (e peso) si dedica molto meno tempo, come se quanto appreso per la lunghezza ne consentisse una rapida acquisizione.

---

\*Insegnante di scuola primaria del I Circolo Didattico di Sesto Fiorentino (FI). Gruppo di ricerca e sperimentazione didattica in educazione scientifica del CIDI di Firenze

Inoltre nella scuola primaria capacità e volume sono affrontati separatamente: la capacità nella classe terza (nell'ambito della misure di grandezze) e il volume in classe quinta (in ambito geometrico). E ciò favorisce l'idea che si tratti di grandezze che non hanno niente a che vedere l'una con l'altra [1].

*La proposta che viene esplicitata in questo contributo, di “presentare i due concetti in classe quinta, in un percorso che li tiene uniti [2]” consente di metterne in evidenza la stretta relazione.* Per una corretta costruzione delle misure di capacità e volume è necessario prevedere tempi lunghi e esperienze significative che permettano ai bambini di sperimentare, e soprattutto riflettere, sui concetti che vanno costruendo.

In questo contesto è importante anche la metodologia di lavoro, chiaramente esposta nelle “Indicazioni per il curricolo per la scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione” cioè la *didattica laboratoriale*, intendendo con essa non solo il fatto che i bambini sperimentino materialmente su ciò che stanno imparando, ma soprattutto che essa rappresenta “sia un luogo fisico, sia un momento in cui l'alunno è attivo e formula le proprie ipotesi e ne controlla le conseguenze, progetta e sperimenta, discute e argomenta le proprie scelte, impara a raccogliere dati, negozia e costruisce significati, porta a conclusioni temporanee e a nuove aperture la costruzione delle conoscenze personali e collettive” [3]

La metodologia da noi seguita prevede inoltre alcune differenze significative rispetto alle modalità di lavoro più diffuse e la parte più importante riguarda la *riflessione individuale scritta*.

Generalmente, quando si effettua una nuova esperienza la classe ne discute collettivamente durante o dopo l'esecuzione; e, successivamente, si fa riportare sul quaderno la sintesi delle “scoperte”. Gli insegnanti che hanno una certa esperienza sanno che molti bambini (succede anche con i ragazzi più grandi) non partecipano alla discussione, talvolta si distraggono e si limitano poi a studiare quello che l'insegnante ha “spiegato”. D'altra parte, dalle valutazioni nazionali e internazionali (Invalsi, OCSE-PISA, ecc.) emerge con chiarezza che i nostri studenti sono in difficoltà quando si chiede loro di argomentare e modellizzare.

La metodologia che suggeriamo prevede invece che, dopo la fase di osservazione, si chieda di *riflettere individualmente e per scritto sull'esperienza appena vissuta*. Ogni bambino deve, quindi, mettersi in gioco e ragionare su quanto ha sperimentato o osservato, e ciò favorisce

l'avvio alla costruzione dei concetti. Naturalmente in questa fase l'attenzione dell'insegnante deve concentrarsi non tanto sulla correttezza ortografica quanto su quella concettuale: è importante che il testo sia la fedele trascrizione del pensiero. Inoltre, la richiesta che l'insegnante accompagna di spiegare i motivi delle proprie scelte e delle proprie affermazioni, rappresenta uno stimolo per affrontare i due macroprocessi in cui i nostri allievi sono più carenti: l'argomentazione e la modellizzazione.

Questa attività risulta importante anche per la valutazione, sia dell'apprendimento degli allievi, sia del lavoro dell'insegnante: infatti, attraverso l'esame dei testi via via costruiti, si ha un'immagine fedele dei processi mentali che si stanno svolgendo e il quaderno diventa un vero "diario di bordo" che ci restituisce l'immagine fedele del processo di apprendimento.

Soprattutto nei bambini piccoli le produzioni scritte saranno parziali e non esaustive ma, attraverso la lettura e la discussione delle singole produzioni, si potrà giungere ad un quadro generale e *solo a questo punto* l'insegnante interverrà direttamente "rimettendo in bella copia" quanto emerso dalla discussione, organizzando un testo chiaro e completo di facile lettura e comprensione che potrà essere oggetto di studio da parte dei bambini.

### **1. Volume e capacità**

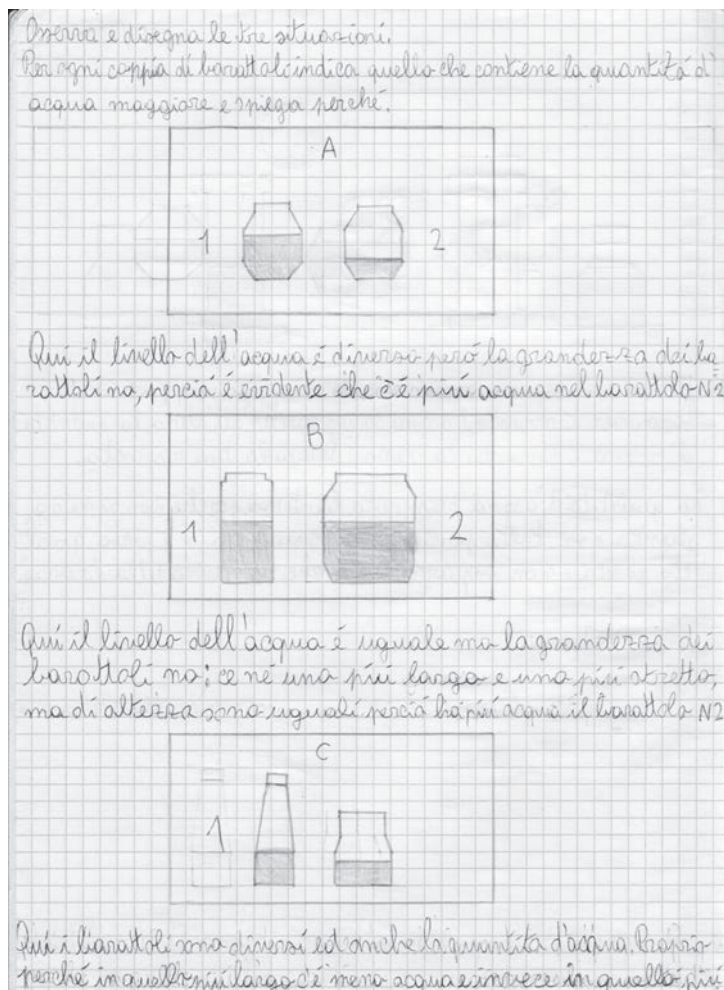
I concetti di volume e di capacità sono fondamentali per diversi ambiti disciplinari, dalla matematica alle scienze, all'educazione ambientale [4]. Come accennato in precedenza, affrontiamo questi concetti attraverso un percorso unitario in classe quinta che alterna momenti di sperimentazione a momenti di riflessione individuale e di discussione collettiva.

Iniziamo il percorso presentando agli alunni tre coppie di recipienti contenenti acqua.

La prima coppia è costituita da due recipienti uguali che contengono diverse quantità di acqua.

La seconda coppia da recipienti diversi contenenti acqua allo stesso livello.

La terza è costituita da recipienti diversi contenenti acqua ad un diverso livello, ma in misura tale che non sia possibile stabilire ad occhio chi ne contiene di più (Figura 1).



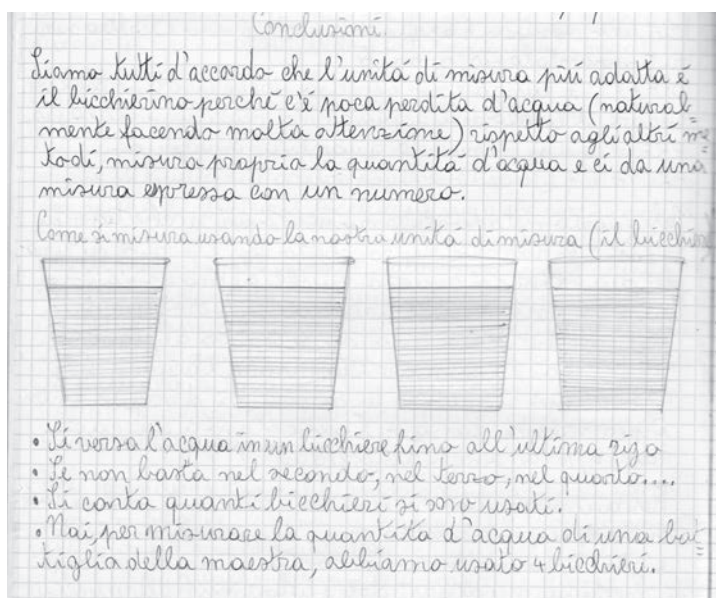
**Figura 1** - Da un quaderno di lavoro: disegno dei recipienti contenenti diverse quantità di liquido.

Chiediamo (individualmente e per scritto) se, i recipienti di ciascuna coppia contengono la stessa quantità d'acqua oppure no. Presumibilmente risponderanno tutti facilmente nel caso della prima e della seconda coppia di recipienti. La coppia più problematica è, infatti, la terza, poiché per dare una risposta occorre chiedersi: come si fa a misurare il volume di un corpo liquido? Dall'esperienza condotta risulta che per gli allievi la risposta a questa domanda è molto difficile e le risposte che hanno fornito, che sono anche molto diverse fra loro, lo dimostrano. Occorre considerare i differenti

punti di vista emersi come una risorsa favorendo la discussione. Alla fine dovrà emergere la necessità di trovare *un'unità di misura* che permetta di *assegnare un valore numerico alle due quantità d'acqua* in modo da poterle confrontare. Si introduce così la prima unità di misura arbitraria, per esempio un bicchierino di plastica da caffè o un tappino di colla stick.

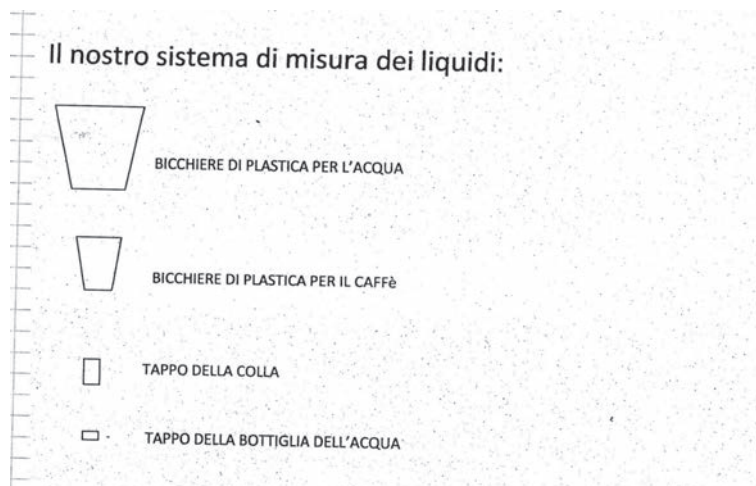
E' importante che i bambini si rendano conto che misurare l'acqua contenuta in un recipiente significa misurare il volume dell'acqua. Prendiamo un recipiente dove poter raccogliere l'acqua e invitiamo gli alunni a contare il numero di bicchierini occorrenti per vuotare ciascuno dei recipienti della terza coppia. Riempiamo poi completamente i due recipienti precedenti e chiediamo quindi agli allievi (individualmente e per scritto): "che cosa misurano del recipiente il numero di bicchierini che otterremo?".

Anche questo passaggio non è semplice perché la maggior parte dei bambini continua a fare riferimento alla quantità d'acqua e non al volume del recipiente. Ancora una volta leggiamo le risposte, le discutiamo e giungiamo alla fine alla consapevolezza che *misurare la quantità d'acqua contenuta in un recipiente colmo corrisponde alla misura del suo volume*. Facciamo esercitare i bambini con la nostra "unità di misura" stabilendo anche le regole per avere misure il più possibile corrette (figura 2).



**Figura 2-** Da un quaderno di lavoro: l'unità di misura arbitraria da noi scelta e le regole per misurare

Spesso succede che nel contenitore rimanga *un po' d'acqua* che non è sufficiente a riempire il bicchierino. Occorre chiedere allora individualmente agli alunni come si può misurare anche quel *po' d'acqua*. Gli alunni si rendono conto così che, per migliorare la precisione della misura, è necessario introdurre per il prelievo dell'acqua un secondo recipiente, più piccolo del primo. Costruiamo in questo modo sottomultipli della nostra unità di misura (Figura 3).



**Figura 3** - Da un quaderno di lavoro: il nostro sistema di misura arbitrario.

Successivamente si propone agli alunni di misurare l'acqua contenuta in un grande recipiente. I bambini si rendono conto che le "unità di misura" che abbiamo scelto sono inadeguate per misurare così tanta acqua e propongono di utilizzare bottiglie o secchielli. Costruiamo così i multipli dell'iniziale "unità di misura" scelta.

Proponiamo attività di misura per consolidare le conoscenze acquisite, ma ben presto i bambini avvertono la necessità di *unità di misura non soggettive*, ma confrontabili, cioè, convenzionali.

## **2. Determiniamo il volume di acqua che "consumiamo" a casa**

Un'attività importante per consolidare le conoscenze acquisite su volume e capacità anche con riferimento all'ambito ecologico/ambientale, potrebbe essere quella di far raccogliere agli alunni dati sul consumo di acqua per uso

domestico, nell'arco di un determinato periodo: quanta acqua è necessaria per lo svolgimento di determinate operazioni, come lavarsi nella vasca o con la doccia, come lavarsi i denti, ecc.

A questo proposito, prima di raccogliere le informazioni è opportuno chiedere con quale strumento pensano debbano essere misurati i consumi; è probabile che dalla discussione emerga che gli alunni sanno dell'esistenza nell'abitazione di un contatore dell'acqua. Osservare e comprendere il funzionamento del contatore è utile anche perché ha strette correlazioni con la matematica (operazioni con i numeri decimali, grandi e piccoli numeri, equivalenze).

Il primo dato che emerge è che il consumo viene misurato in metri cubi e non in litri come ci aspetteremmo. Chiediamo ai bambini di cercare di spiegarne il motivo. I bambini rispondono che dipende dal fatto che si sarebbero dovuti usare numeri troppo grandi, mentre usando i metri cubi "vengono numeri fattibili".

Si invitano allora gli alunni a raccogliere le letture del contatore prima e dopo alcune operazioni quotidiane e si calcola il consumo di acqua che hanno comportato (si tratta di problemi autentici in cui sottrazioni e equivalenze anche complesse acquistano valore e significato concreto).

Successivamente, si chiede ai bambini di portare a scuola le bollette dell'acqua che vengono lette e discusse insieme: anche in questo caso i consumi sono espressi in metri cubi. Il confronto fra i diversi consumi appare però difficile perché le bollette si riferiscono a periodi diversi.

Chiediamo allora individualmente come si potrebbe fare per risolvere questo problema e discutiamo le loro risposte: alla fine decidiamo di fare la media dei consumi e dei giorni a cui si riferiscono le diverse letture in modo da poterle paragonare (l'uso della statistica viene calato nella vita reale e la media, usata tanto spesso nei problemi, acquista senso).

Al termine dell'indagine confrontiamo i dati della nostra classe con quelli nazionali e internazionali e ragioniamo su ciò che ognuno di noi può fare per ridimensionare il consumo di acqua e contribuire così a salvaguardare l'ambiente.

Ulteriori approfondimenti potrebbero fare riferimento alla situazione idrica nel nostro Paese e nel mondo e alla carenza di acqua in alcuni paesi, oppure ai parametri di qualità dell'acqua del rubinetto della città in cui si abita, al ciclo di depurazione dell'acqua.

### **3. Volume e peso**

*I corpi più grandi sono più pesanti?* La risposta a questa domanda non è immediata e sempre corretta: spesso gli alunni confondono i due concetti di peso e volume; d'altra parte questa confusione è presente anche in molti adulti ed è didatticamente importante quindi fare chiarezza.

Vengono collocati su un banco 4-5 oggetti, ad esempio palline, dello stesso materiale e di volume leggermente diverso (Figura 4) e si chiede agli alunni di metterli in ordine in base al loro peso crescente. Si tratta di un'attività che potrà essere svolta con facilità se i bambini hanno interiorizzato le misure di peso attraverso un significativo percorso di apprendimento.



**Figura 4** - Da un quaderno di lavoro: disegno delle palline di gomma da ordinare in base al peso e al volume

Successivamente si invitano i bambini ad effettuare una seriazione degli stessi oggetti in base al volume.

Per introdurre poi una modalità di misura del volume di solidi irregolari, esperienza che i bambini non hanno mai fatto, chiediamo: “come si può misurare il volume di oggetti dal contorno irregolare?” Le risposte dei bambini sono le più varie: qualcuno propone di procedere nello stesso modo in cui ha misurato il volume di solidi regolari, altri confessano di non saper proprio come fare.



Discutiamo le loro risposte e mostriamo loro un cilindro graduato con un diametro piccolo ma sufficiente per l'introduzione dell'oggetto di cui vogliamo occuparci, ad esempio di un sasso, e chiediamo "La maestra ha preparato un cilindro contenente acqua colorata, come potrebbe essere utilizzato per misurare il volume del nostro sasso?"

Nel caso nessun alunno fornisca indicazioni su come operare, l'insegnante segna con un pennarello il livello dell'acqua nel cilindro e, dopo aver immerso il sasso nel cilindro chiede di verificare ciò che è successo e di riflettere per trovare una spiegazione.

A questo punto, è presumibile che una parte dei bambini associ l'innalzamento dell'acqua al volume del solido che vi è stato immerso. In ogni caso, si discutono le osservazioni individuali per giungere ad una conclusione condivisa (Figura 5).

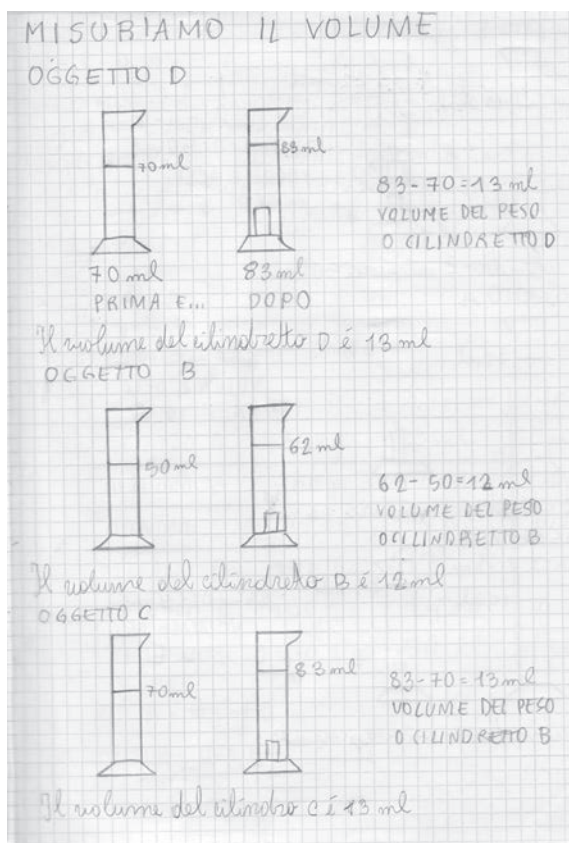


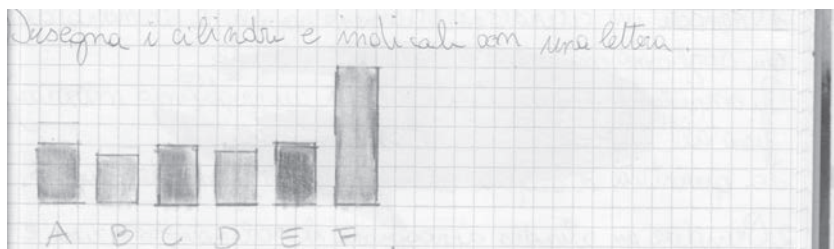
Figura 5 - Da un quaderno di lavoro: la misura del volume di corpi solidi per immersione in acqua

Questo procedimento permette di determinare in modo semplice il volume di oggetti solidi (insolubili nel liquido usato) facendo riferimento alla misura del volume dei liquidi. L'insegnante, poiché è necessaria molta attenzione nella lettura del livello dell'acqua, sottolinea che, per evitare errori di lettura, occorre disporre gli occhi alla stessa altezza del livello di separazione acqua/aria (menisco).

Calcolando con questo procedimento il volume degli oggetti a contorno irregolare, i bambini completeranno la seriazione anche di questi oggetti in relazione al volume.

E' possibile usare questa esperienza per consolidare l'apprendimento delle misure di volume, chiedendo, per esempio: "Quale unità di misura hai utilizzato per misurare il volume degli oggetti?"; viene anche richiesto di trasformare le misure di capacità in "misure cubiche" o viceversa.

Si ripetono successivamente le attività precedenti utilizzando *oggetti di diverso materiale*: tre cilindretti che hanno lo stesso volume ma peso diverso e sono costituiti rispettivamente da ferro, alluminio e ottone, altri tre cilindretti con lo stesso peso ma volume diverso, costituiti ancora da ferro, alluminio e ottone (figura 6).



**Figura 6** – Da un quaderno di lavoro: disegno dei cilindretti di materiali diversi che abbiamo impiegato

Viene richiesto ancora di confrontare la seriazione in base al peso con quella in base al volume: in questo caso non coincidono. A questo proposito si favorisce una loro riflessione chiedendo "Confronta le due seriazioni: ci sono somiglianze o differenze? Perché? Fai le tue osservazioni".

Poiché qualche alunno rileva che il materiale di cui sono formati i cilindretti ha un ruolo, riconsideriamo attentamente i materiali che costituiscono i cilindretti e chiedendo agli alunni se questa nuova osservazione può essere utile.

Attraverso la discussione si giunge a concludere che la natura del materiale gioca un ruolo importante nella determinazione del peso di un oggetto (Figure 7,8), questo concetto costituirà un requisito importante nella comprensione del significato del peso specifico.

La maestra ci ha detto di che materiale sono fatti i cilindretti:  
 • il cilindretto A e F sono fatti di alluminio.  
 • i cilindretti B e D sono di bronzo.  
 • i cilindretti C e E sono di ferro/acciaio.  
 Con questa nuova informazione puoi fare altre osservazioni?  
 Con questa nuova informazione posso dire che secondo me l'alluminio è il materiale che pesa meno perché il cilindretto A, che ha il volume di 13 ml<sup>3</sup> pesa 36,2 g mentre il cilindretto D, di bronzo e dello stesso volume (13 ml<sup>3</sup>) pesa 106,2, più del cilindretto F con il volume di 50 ml<sup>3</sup> e fatto di alluminio pesa 100,2 g.  
 Anche il ferro pesa abbastanza perché il cilindretto E, che è fatto di ferro e ha il volume di 14 ml<sup>3</sup> pesa come il cilindretto F di 50 ml<sup>3</sup>  
 AGGIUNGO:  
 Se il materiale è uguale in due cilindretti se aumenta il peso aumenta anche il volume

**Figura 7-** Da un quaderno di lavoro: riflessioni sul ruolo del materiale che compone i corpi e i loro pesi e volumi

Per oggetti costituiti dallo stesso materiale si hanno pesi crescenti per volumi crescenti e viceversa.

Per oggetti costituiti da materiali diversi la misura del peso e del volume dipende dalla natura del materiale: volumi uguali di materiali diversi hanno pesi diversi.

**Figura 8 -** Scheda conclusiva sulla relazione fra peso e volume in corpi dello stesso materiale e di materiali diversi

#### 4. Il peso si conserva, il volume no

A questo scopo si propone alla classe la seguente esperienza: si prendono due matracci, riempiamoli fino all'inizio del collo con due liquidi diversi, acqua e olio di oliva, si pesano e si segna con un pennarello il livello del liquido. Si chiede poi ai bambini se, secondo loro, riscaldando i due liquidi, il loro peso ed il loro volume rimarranno inalterati o cambieranno.

Dopo aver confrontato le ipotesi effettuate dai bambini, si mettono i due matracci in un grande recipiente contenente acqua e si riscalda fino quasi all'ebollizione. Man mano che procede il riscaldamento i bambini osserveranno l'aumento del livello dei due liquidi. Quando l'acqua in cui sono immersi i due matracci sarà quasi all'ebollizione, si segnano con un pennarello i nuovi livelli raggiunti dai liquidi e, velocemente, dopo averli asciugati, si pesano nuovamente i due matracci. I bambini potranno così constatare che, mentre il peso è rimasto inalterato, il livello dei due liquidi è aumentato anche se in misura diversa.

Questa esperienza giustifica anche la ragione per cui alcuni liquidi, come l'olio di oliva, vengono venduti a peso e non a volume, situazione che può verificarsi anche in altri casi nella vita di tutti i giorni.

Successivamente, si chiede se anche i solidi hanno un comportamento simile quando vengono riscaldati.

E' probabile che la classe si divida tra chi risponde affermativamente e chi invece è convinto del contrario. Allora si propone un'ulteriore esperienza per la quale occorre disporre di una sfera metallica di volume tale da attraversare appena un anello, il cosiddetto "anello di Gravesande" (Figura 9).



**Figura 9** - Apparecchio per evidenziare la dilatazione dei solidi:  
l'anello di Gravesande

Dopo aver pesato la sfera, la si riscalda mettendola, ad esempio, in un recipiente contenente acqua in ebollizione. Collocando poi di nuovo la sfera

sopra l'anello, si potrà constatare che non è più in grado di attraversarlo fin quando non si è completamente raffreddata.

Si chiede ai bambini, sempre con una risposta scritta individuale, di spiegarne il motivo. Si discute insieme e si confrontano le varie ipotesi.

Si riscalda di nuovo la sfera e con delle pinze si pone sopra una bilancia.

E' possibile, così, constatare che il peso è rimasto inalterato.

Dalla discussione collettiva dovrebbe emergere che all'aumentare della temperatura il peso di un corpo solido rimane inalterato, mentre il volume aumenta e ciò vale allora sia per corpi solidi (che si comportano come le sferette metalliche) che per i liquidi come l'acqua e l'olio. Sarà compito dell'insegnante precisare che questo fenomeno prende il nome di dilatazione e riassumere le "scoperte" in una scheda finale. (Figura10)

## LA DILATAZIONE DEI SOLIDI

Abbiamo sperimentato che i liquidi si dilatano, quando vengono riscaldati.

La maestra ci ha chiesto se secondo noi, questo succedeva anche ai solidi.

Noi abbiamo dato risposte diverse: alcuni dicevano che i solidi non si dilatano, altri invece pensavano di sì, altri ancora avevano il dubbio che dipendesse dal materiale, perché avevano esperienza che il legno e la plastica con il calore si dilatano.

Allora la maestra ha proposto un'esperienza nel laboratorio di scienze.

Abbiamo usato : la bilancia, il fornellino elettrico...



...è uno strumento formato da una pallina d'acciaio appesa a una catena e da un anello attraverso cui passa la pallina

- Abbiamo osservato che l'anello è appena più grande della pallina d'acciaio, che ci passa precisa.
- Abbiamo pesato la pallina: 62.5 g
- Abbiamo appoggiato la pallina sul fornellino acceso e abbiamo aspettato che si scaldasse, nel frattempo abbiamo discusso le nostre risposte.

Quando la pallina è stata calda, abbiamo provato a farla passare attraverso l'anello:

**La pallina non passava più attraverso l'anello cioè il suo volume era aumentato**

Abbiamo ripesato la pallina: **ancora 62.5 g**

Abbiamo concluso che :

**IL FERRO, E IN GENERE I MATERIALI SOLIDI, SI DILATANO QUANDO VENGONO RISCALDATI: IL LORO VOLUME AUMENTA MENTRE IL LORO PESO RESTA COSTANTE.**

**Figura 10** - Scheda conclusiva sul fenomeno della dilatazione dei solidi

(°) Usando bilance di scarsa precisione questo può essere verificato ma, se si usasse una bilancia elettronica con precisione di almeno 0,01 g, la colonna dell'aria calda sovrastante il piatto fa apparire più LEGGERO il corpo caldo (per corpi caldi di 20-30 grammi si registra un calo di 0,02-0,03 grammi). NON credo sia comunque il caso di fare questa osservazione,

### 5. Verifica e valutazione

Lo strumento principale di valutazione del percorso svolto è, come già detto, il quaderno di ogni alunno dai cui elaborati emerge la sua costruzione dei vari concetti introdotti, attraverso errori, correzioni e rivisitazioni del proprio lavoro. Questo strumento ha una grande importanza anche per l'insegnante poiché gli/le permette di valutare l'adeguatezza e l'efficacia del percorso che sta portando avanti insieme ai suoi alunni e gli/le consente di effettuare correzioni e modifiche in "tempo reale".

E' opportuno affiancare a questo strumento, soprattutto in quarta e in quinta, alcune prove di verifica strutturate o semistrutturate in modo da aver un quadro il più possibile completo del processo di apprendimento. Le Figure 11 e 12 riportano esempi di quesiti impiegati.

12. Uno scolaro ha versato due bicchieri pieni d'acqua in ciascuno dei recipienti qui raffigurati.



Osservando la figura, quale affermazione è FALSA?

- A. L'acqua raggiunge livelli diversi nei tre recipienti.
- B. L'acqua raggiunge lo stesso livello nei tre recipienti.
- C. L'acqua ha preso la forma dei tre diversi recipienti.
- D. L'acqua è in uguale quantità nei tre diversi recipienti.

**Figura - 11**

14. QUAL È IL VOLUME DELL'OGGETTO DENTRO AL CILINDRO GRADUATO?  
ESPRIMILO CON LE MISURE DI CAPACITÀ E CON LE MISURE CUBICHE.

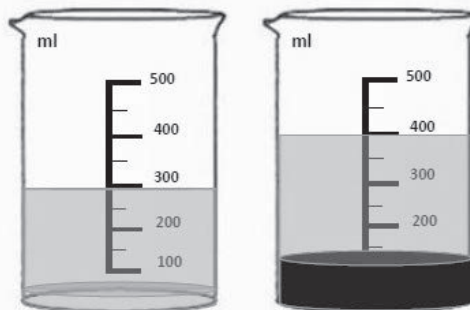


Figura - 12

Figure – 11 e 12 - Prova di verifica: esempi di item impiegati

### Bibliografia e sitografia

- 1) C. Fiorentini - Peso e volume : due concetti banali?  
<http://www.cidi.it/cms/doc/open/item/filename/621/il-peso-persapernedipiufiorentini2012.pdf>
- 2) A.M. Dallai, A. Martinucci, R. Nencini - Un percorso di scienze e matematica: il volume *Insegnare- Dossier* 2011, pagg.45-47
- 3) *Annali della pubblica istruzione. Numero speciale 2012-* Indicazioni Nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione- Ed. Le Monnier, Firenze, 2012, pag.49
- 4) A.M. Dallai, E. Scubla - Volume e capacità: matematica, scienze o educazione ambientale? 3° Convegno Nazionale "Il Piacere di insegnare, il piacere di imparare la matematica" San Giovanni Valdarno, Montevarchi, Terranuova Bracciolini, Figline Valdarno, Reggello, 7-9 Marzo 2013





# Attività Didattica sul DNA. Parte I

Valentina Domenici<sup>1\*</sup>, Chiara Gerardi<sup>1</sup>, Erica Parri<sup>1</sup>, Alessandro Lenzi<sup>2</sup>

1. Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, via Risorgimento 35, 56126 Pisa.

2. Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay, via Monte alla Rena 41-43,  
57016 Rosignano Solvay (LI)

\*E-mail: valentina.domenici@unipi.it

## **Sommario:**

*In questo articolo presenteremo una serie di attività didattiche legate al tema del DNA, sviluppate nell'ambito del corso di Didattica della Chimica presso l'Università di Pisa in collaborazione con il Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay e alcune Scuole del Comune di Rosignano Marittimo e del Comune di Cecina, nel periodo che va da Ottobre 2013 ad Aprile 2014. Gli studenti del corso hanno progettato una serie di attività didattiche che hanno avuto la possibilità di provare e testare con gli alunni di varie scuole. Verranno discusse in questa e nei successivi articoli, sia le fasi della progettazione, sia gli aspetti della realizzazione delle attività e il feed-back avuto dagli alunni. In particolare, in questa prima parte, descriveremo il contesto e in modo schematico l'insieme delle attività, suddivise in base al target e agli obiettivi.*

## **Parole Chiave:**

Didattica della Chimica, DNA, scuole elementari, scuole di secondo grado superiore, museo.

## **Abstract:**

*In this paper, we present a series of didactic activities around the theme of D.N.A. performed by the undergraduate students of the course of "Chemical Education" (University of Pisa, Italy) under the supervision of Dr. Valentina Domenici, in collaboration with the Museum of Science of Rosignano Solvay (LI) and several Primary and Secondary Schools in the counties of Rosignano Marittimo and Cecina, from October 2013 and April 2014. Several activities were planned, tested on students and feed-backs from them were analyzed in terms of educational aspects, contents and practical features. In this first paper, we are describing the contest of these activities, each of them will be described in a schematic way.*

## **Key-words:**

Chemical Education, DNA, Primary School, Museum.

## Introduzione

Nell'ottobre 2013 è iniziata l'istallazione di una Mostra Didattica, presso il Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay, progettata e organizzata dall'Associazione di volontariato "Amici della Natura Rosignano" in collaborazione con il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa. L'occasione era la celebrazione della ricorrenza dei 60 anni dal celebre lavoro pubblicato su Nature da Watson e Crick sull'ipotesi della struttura a doppia elica del DNA. La Mostra, tutt'ora visitabile, è intitolata "La molecola della Vita: la doppia elica del DNA" ed è stata inaugurata ufficialmente sabato 22 febbraio 2014 con una conferenza tenuta dal biologo Franco Giorgi, che ha introdotto aspetti storici ed epistemologici legati alla scoperta del DNA (Figura 1).

Museo di Storia Naturale di Rosignano Solvay

Associazione "AMICI DELLA NATURA ROSIGNANO"

**LA MOLECOLA DELLA VITA**  
La doppia elica del DNA

Mostra storica di ricerche e scoperte in Biologia

CONFERENZA D'APERTURA  
Prof. Franco Giorgi  
Sabato 22 Febbraio 2014, ore 10

CENTRO CULTURALE LE CRESTE  
Via della Costituzione, Rosignano Solvay

**Figura 1.** Locandina della conferenza di apertura della Mostra sul DNA a Rosignano Solvay

La mostra “La Molecola della Vita” è strutturata di due parti principali, una espositiva, fatta di 16 pannelli, e una interattiva, con un allestimento per effettuare una serie di esperimenti sotto la guida di personale adeguatamente preparato.

I pannelli disposti alle pareti delle sale centrali del Museo affrontano le tappe storiche che hanno portato alla formulazione dell’ipotesi di doppia elica, a partire dalla genetica di Mendel, fino agli esperimenti di Griffith e alle regole di Chargaff. Una serie di pannelli invece spiegano il dogma centrale della Biologia, il sequenziamento del DNA e le tecniche utilizzate oggi per analizzare il DNA. L’ultima parte dei pannelli invece affronta aspetti molto attuali, fornendo spunti di riflessione e approfondimento su temi quali le terapie genetiche, gli organismi geneticamente modificati, la clonazione e gli aspetti etici.

La parte interattiva dell’esposizione consiste in uno spazio dedicato alle attività laboratoriali e didattiche, che sono state progettate dal nostro gruppo di lavoro presso il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale (supervisione della dr.ssa Valentina Domenici) e dagli studenti del corso di **Didattica della Chimica** sempre presso lo stesso Dipartimento. Inoltre, hanno partecipato alla progettazione di alcune attività didattiche cinque studenti brasiliani all’ultimo anno di studi universitari, che hanno seguito il corso di Didattica della Chimica durante il loro soggiorno a Pisa grazie al progetto “**Scienze senza Frontiere**” tra Italia e Brasile.

Tenendo conto delle scuole presenti sul territorio e dell’utenza del museo, abbiamo scelto di costruire dei percorsi didattici per bambini di età di 9-10 anni (Scuole Elementari), ragazzi nella fascia di età 14-16 anni (terza classe delle Scuole Medie, prima e seconda classe delle scuole Superiori di Secondo Grado) e ragazzi di età 18-19 anni (quarte e quinte classi del Liceo).

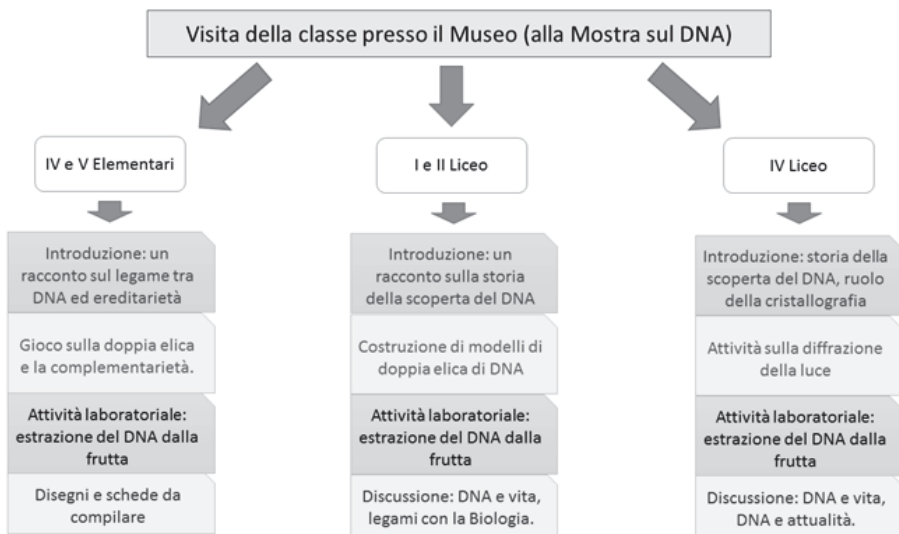
In particolare, hanno partecipato a queste attività didattiche le seguenti classi:

- 1) Quarta della Scuola Elementare “Lega” di Castelnuovo della Misericordia;
- 2) Quarta della Scuola Elementare “Europa” di Rosignano Solvay;
- 3) Quinta della Scuola Elementare “Europa” di Rosignano Solvay;
- 4) Quinta TN della Scuola Elementare “Novaro” di Vada;
- 5) Quinta TP della Scuola Elementare “Novaro” di Vada;
- 6) Prima della Scuola Superiore IPSIA “E. Mattei” di Rosignano Solvay;
- 7) Seconda della Scuola Superiore Liceo Scientifico “E. Fermi” di Cecina;
- 8) Seconda della Scuola Superiore Liceo Scientifico “E. Fermi” di Cecina;
- 9) Quarta della Scuola Superiore Liceo Scientifico “E. Fermi” di Cecina;
- 10) Seconda della Scuola Superiore Liceo Classico “E. Fermi” di Cecina.

Nel seguente paragrafo descriveremo le linee generali di questo lavoro, gli obiettivi e gli aspetti didattici più rilevanti, mentre in articoli successivi riporteremo nel dettaglio gli aspetti logistici, pratici delle attività, in modo che possano essere facilmente ripetuti, e le considerazioni sull'apprendimento, derivate anche dai feed-back e dalle attività di verifica effettuate in collaborazione con le insegnanti.

### Schema delle attività

Come precedentemente accennato le attività interattive-didattiche con le varie classi sono state pensate in modo diverso in base all'età e alle competenze degli alunni. Tuttavia, è stato seguito uno schema generale (Figura 2). Innanzi tutto, le attività presso il Museo si sono svolte nell'arco di una mattinata (circa tre ore) seguendo le seguenti fasi: 1) introduzione, 2) attività manuale o lavoro collettivo, 3) esperienza di laboratorio suddivisi in gruppi, 4) discussione finale o prima verifica della comprensione in forma di gioco o di attività manuale.



**Figura 2.** Schema riassuntivo delle attività svolte al Museo.

#### Fase 1.

Quando le classi arrivano al Museo, gli alunni vengono accolti da noi e/o dagli studenti che hanno partecipato alla progettazione delle attività e che quindi sono stati preparati all'incontro con le scuole. Questa fase ha lo scopo di introdurre la mostra sul DNA, ma soprattutto di "indagare" su quello che i bambini o i ragazzi già conoscono o hanno studiato sul DNA. L'animatore

cerca di sollecitare una discussione e favorisce la partecipazione degli alunni, che intervengono raccontando, o semplicemente rispondendo alle domande. I temi specifici di questa prima fase dipendono molto dalle classi che abbiamo di fronte, ad esempio, nel caso dei bambini delle Elementari il tema centrale è la trasmissione dei caratteri ereditari dai genitori ai figli e il ruolo del DNA. Nel caso dei ragazzi più grandi, questa fase serve sia per indagare il livello di conoscenza degli alunni sulla molecola del DNA e del suo ruolo biologico, che per incuriosire i ragazzi alla Mostra, ad esempio, attraverso il racconto della storia della scoperta di Watson e Crick.

## Fase 2.

Nella seconda fase dell'incontro, una volta rotto il ghiaccio, si richiede agli alunni una maggiore partecipazione e si introduce una prima attività che li vedrà protagonisti. Anche in questo caso, la scelta dell'attività è calibrata per le tre fasce di età ed ha generalmente obiettivi diversi. Nel caso dei bambini, sono state provate varie attività, in forma di gioco, che hanno come focus principale far capire ai bambini il legame tra la doppia elica del DNA e la trasmissione dei caratteri ereditari.

Senza entrare nei dettagli della struttura molecolare del DNA, vengono comunque affrontati i concetti di geometria a doppia elica, complementarietà di alcuni elementi strutturali, replicazione del DNA, legame tra parti del DNA (geni) e caratteri somatici. Un esempio di questa attività è la costruzione di un frammento di DNA con dei pezzi di cartoncino colorato aventi forme diverse e complementari a due a due (Figura 3), e successiva replicazione per formare due frammenti identici al primo.

Per i ragazzi delle prime classi delle scuole superiori abbiamo lavorato sul concetto di struttura molecolare del DNA, facendo costruire dei modelli molecolari, mentre per i ragazzi più grandi,



**Figura 3.** Esempio di attività svolta al Museo con una Classe Quarta Elementare sulla struttura complementare delle quattro basi azotate e sulla doppia elica.

partendo dal racconto sulla scoperta degli anni '50, sono state progettate delle piccole dimostrazioni sul fenomeno della diffrazione della luce utilizzando strumenti didattici come monocromatori, reticoli di diffrazione ed altri elementi ottici (Figura 4).



**Figura 4.** Momento di una attività svolta al Museo con due Classi Quarte del Liceo Scientifico Enrico Fermi, sul fenomeno della diffrazione della luce.

### **Fase 3.**

La parte più consistente e impegnativa, anche in termini di tempo, è stata una attività laboratoriale: l'estrazione del DNA dalla frutta, come banane, fragole e kiwi (Figura 5). Questa attività è stata proposta a tutti gli alunni, sia bambini che ragazzi, ovviamente con modalità e obiettivi disciplinari diversi. Questo esperimento, ben noto, è stato comunque provato ed ottimizzato prima di essere proposto alle classi. In tutti i casi, la classe è stata suddivisa in piccoli gruppi (composti da 4 unità, nel caso dei bambini, a 8 unità, nel caso dei ragazzi del Liceo) che lavoravano autonomamente attorno ad un bancone attrezzato con il materiale occorrente alle varie fasi dell'esperienza.

Nel caso dei ragazzi più grandi, l'intervento degli adulti era molto limitato: i ragazzi dovevano seguire un protocollo, mostrando di sapersi organizzare e solo alla fine sono stati discussi i vari passaggi in termini di fenomeni e reazioni chimiche coinvolte.



**Figura 5.** Momenti dell'attività di estrazione del DNA dalla frutta, svolta con alcune Classi Quinte delle Elementari presso la Scuola "Novaro" di Vada (LI).

#### Fase 4.

L'ultima parte della visita al Museo e delle attività è stata dedicata al consolidamento di quanto osservato, capito, fatto e sperimentato. Nel caso dei bambini, che hanno avuto certamente molti stimoli e che hanno visto e fatto molte cose "nuove" nell'arco della mattinata, l'ultima fase è un momento di creatività, ma anche un momento "più libero". I bambini potevano scegliere se disegnare o scrivere, e quindi, pur continuando a lavorare, erano più rilassati (Figura 6). Alcuni hanno continuato a farci domande, altri hanno descritto sul quaderno le varie fasi dell'esperimento, altri hanno disegnato quello che più li ha colpiti durante la visita al Museo.



**Figura 6.** Momento dedicato all'elaborazione dei contenuti (in particolare tramite i disegni), svolta con alcune Classi Quinte delle Elementari presso la Scuola "Novaro" di Vada (LI).

Con i ragazzi più grandi, studenti delle scuole superiori, l'ultima fase, a chiusura della visita al Museo, è stata impostata come momento collettivo di discussione, o riflettendo sul legame tra DNA e vita, o, agganciandosi all'attualità, parlando delle implicazioni nella società della conoscenza del DNA. Ad esempio, stimolati dalle domande dei ragazzi, in alcuni casi abbiamo parlato delle terapie geniche e dei vantaggi/svantaggi di conoscere eventuali malattie genetiche su un nascituro. Altri argomenti sollecitati dai ragazzi sono stati gli organismi geneticamente modificati e le tecniche per risalire dal DNA ai responsabili di atti criminali (questo argomento è molto noto ai ragazzi grazie anche ad alcune serie televisive!).

In alcuni casi, questa ultima fase ha rappresentato un input per gli stessi insegnanti per una serie di attività di approfondimento e consolidamento da svolgere successivamente nella classe. Soprattutto con alcune classi di scuole primarie il nostro lavoro è continuato in giornate successive con lavori svolti a scuola e con attività di verifica, di cui parleremo in un successivo articolo.

### **Considerazioni sulla metodologia didattica**

L'occasione della Mostra sul DNA è stata sfruttata dal nostro gruppo per sviluppare una serie di attività legate a questo tema, secondo un curriculum verticale, scegliendo argomenti che potessero essere legati a quelli suggeriti dalle indicazioni nazionali per quanto riguarda la Didattica della Chimica. Il lavoro è stato sviluppato in buona parte insieme ad una quindicina di studenti universitari che hanno seguito il Corso di Didattica della Chimica e che hanno quindi potuto mettere in pratica quello che veniva loro insegnato, in fatto di metodi e tecniche di apprendimento e di insegnamento. Anche da questo punto di vista, questo lavoro è stato molto significativo e questa esperienza sarà certamente ripetuta nei prossimi anni.

Per quanto riguarda gli alunni delle scuole primarie e secondarie che hanno partecipato alle attività, dai feed-back ricevuti dagli insegnanti, possiamo concludere che sono stati ottenuti risultati positivi in termini di:

1. Coinvolgimento attivo e interessamento di tutti gli alunni della classe su tematiche legate alle scienze e in particolare alla Chimica;
2. Raggiungimento degli obiettivi conoscitivi che, per ogni fascia di età, erano stati individuati (es. conoscenza degli argomenti affrontati durante l'attività didattica, uso di alcuni termini scientifici e quindi arricchimento del linguaggio, padronanza di alcuni concetti e loro utilizzo in contesti diversi, ...);
3. Abilità manuali e organizzative per quanto riguarda le attività laboratoriali.

Questi punti saranno sviluppati caso per caso in lavori successivi.



Concludendo, riteniamo che l'interazione tra il Museo, nel caso particolare un piccolo Museo di Storia Naturale, le scuole presenti sul territorio e l'Università, nel caso particolare, il nostro gruppo che si occupa di Didattica della Chimica, e degli stessi studenti universitari del corso di Didattica della Chimica, sia un'interazione estremamente positiva e produttiva in termini di sperimentazione di nuove modalità e di nuovi percorsi didattici.

### Riferimenti:

- Autori vari, *“La Chimica alle Elementari”*, Giunti Lisciani Editori: 1996.
- Autori vari, *“Teaching school chemistry”*, Edizione UNESCO (Ed. J. Waddington) 1984.
- Autori vari, *“I musei di Chimica e la Chimica nei Musei della Scienza”*, (curatori: L. Campanella e V. Domenici), Sapienza Università Editrice, Roma: 2014.
- R. Cervellati, D. Perugini *“Guida alla didattica della chimica”*, Zanichelli, Bologna: 1985.
- R. Cervellati, F. Olmi: *“Tecniche di verifica dell'apprendimento della chimica”*, Zanichelli, Bologna: 1987.
- V. Domenici, *“The role of Chemistry Museums in Chemical Education for the students and the general public: Italy, a case of study”*, Journal of Chemical Education, 85, 1365-1369, 2008.
- W. Harlen, *“The teaching of Science in Primary School”*, David Fulton Publisher, Londra: 2000.
- E. Parri, L. Cetti, M. Macelloni, L. Rossetti, E. Magazzini, A. Lenzi, V. Domenici, *“Studenti delle Classi Terze della Scuola Primaria al Museo: Attività e Feedback in Aula”*, La Chimica nella Scuola, (Ed. Aracne), Vol. 1, p. 15, 2013.
- J. P. VanCleave, *“Chemistry for Every Kid”*, WILEY: 1989.
- J.D. Watson, A. Berry, *“DNA. Il segreto della vita”*, Adelphi Ed; 2006.

### Sitografia:

- <http://www.musrosi.org/>
- <https://www.facebook.com/events/279956698827609/?source=1>
- <http://www.raiscuola.rai.it/articoli/il-dna-la-struttura-storia-della-scienza/7708/default.aspx>
- [http://www.funsci.com/fun3\\_it/dna/dna.htm](http://www.funsci.com/fun3_it/dna/dna.htm)
- <http://www.federica.unina.it/medicina-e-chirurgia/biochimica/struttura-del-dna-struttura-del-rna/>
- <http://it.wikihow.com/Costruire-un-Modellino-di-DNA-usando-Materiale-Comune>



# **NAPUS: A New Approach for the Public Understanding of Science based on Cultural Heritage Conservation**

Andrea Macchia<sup>a</sup>, Nicoletta Barbabietola<sup>b</sup>, Elisa Gravagna<sup>b</sup>,  
Fernanda Prestileo<sup>c</sup>, Luigi Campanella<sup>a</sup>, Maria Teresa Jaquinta<sup>d</sup>,  
Elena Montella<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Sapienza, University of Rome

<sup>b</sup> Association of Chimici per un'ora

<sup>c</sup> National Research Council of Italy, Institute for the Conservation and  
Enhancement of Cultural Heritage - ICVBC

<sup>d</sup> International Centre for the Study of Preservation and Restoration of Cultural  
Property - ICCROM

<sup>e</sup> I.C. "Piazza Capri"

Contact: andrea.macchia@uniroma1.it

## ***Abstract***

*The "NAPUS" (a New Approach for the Public Understanding of Science based on cultural heritage conservation) pilot project is aiming at promoting the public understanding of science in primary school through didactic experiences and laboratories that link basic science principles to those concerning the conservation of cultural heritage. NAPUS represents an innovative didactic tool that allows learning Science in an interesting way: a) connecting the values of cultural heritage for a specific community, in which students live, and the science of materials, so as to inform students about why and how it is necessary to protect their cultural property and make them active participants in the preservation process itself; b) facilitating the public recognition of researchers and their researches about the science applied to the conservation of cultural heritage*

*The project was performed in primary schools of Rome and was attended by a total of 1532 schoolchildren. Three different scientific activities, concerning both the promotion of the so-called Tangible and Intangible Cultural Heritage, were presented to the students, involving them in multi context cultural-recreational experiences designed to stimulate their reflection on scientific processes that they meet daily and on their relation with heritage conservation.*

**Keywords:**

science, cultural heritage, public recognition, elementary school, conservation scientists.

**1. Introduction**

The term “Heritage Science” is relatively novel and it has become widely used only after 2006 [1]. Heritage Science is a subject based on an interdisciplinary approach that uses science in support of different aspects of cultural heritage: conservation and restoration, research, management, engineering, historic values and ethics [2,3,4].

However the use of fundamental sciences, such as chemistry, biology, physics, geology, allow the study of materials, provenance, attribution and the development of new restoration products or technologies which lie at the base of every restoration and archaeological intervention. Unfortunately, it does not make people aware of the role and the contribution of science applied to cultural heritage. Other specialists in related fields, such as the restorer, archaeologist, librarian or architect, are well known and their activities are understood and often shown in mass-media.

For example, different approach were taken in order to encourage the participation of schools and students in conservation, such as the awareness-raising programmes concerning the safeguarding of heritage sites and historic buildings [5,6], or the studies about ICT to add value to Cultural Heritage pedagogy, education and learning [4]. In England "structures and forces" are well explored in the context of visits for example in English Heritage (the Historic Buildings and Monuments Commission for England) sites and supported by a large print literature and (sometimes) by on-site expertise. Again museum science is widely used by archaeologists in studying the past-with children-through the scientific analysis of the material remains of former societies. But these experiences neglect to communicate directly the science and its role in conservation and preservation of artefacts [7]. Compared to these studies, the NAPUS project wants to use a new approach with school children based on the science applied to Cultural Heritage to speak about science and to facilitate public recognition of researchers and their researches. But how and to whom should the conservation scientists talk about science? Everyone agrees that it is important to engage children in science, because it is an important part of their life [8]. Having motivation and active involvement of children is necessary to carry out experiments or activities, capable of stimulating inte-

rest in learning science and to present scientific concepts in the context of familiar materials that all of them know and love [9]. Unfortunately, there are few studies addressing methodological questions concerning science and heritage conservation at learning levels [10]. Moreover, the importance of cultural heritage safeguards must be taught to young people to ensure that future generations are able to live their cultural heritage as part of the cultural identity and the population it represents, and also because cultural heritage is a driving force of the economy [11,12]. It is generally recognized that efforts to involve young people must begin early and go beyond the primary school [13]. At this level it is important that children become aware of phenomena that affect them and that they develop a spirit of enquiry [14]. It is often argued that practical work is central to teaching and learning in the field of science and that good quality practical work helps pupils develop understanding of scientific processes and concepts [15,16]. Elementary school students are naturally curious, so that science becomes an ideal subject for them to learn [17]. However, today's children have many distractions and recreational activities with the risk that insufficient time can be spent on science, even though it is presented in a different way than the basic education curriculum [18].

NAPUS pilot project wants to put into effect didactical experiences and laboratories capable of raising the interest of today's schoolchildren in science [16], and also of facilitating public recognition of researchers and their researches in a fascinating way. The project explains basic scientific concepts by associating them to the field of conservation of cultural heritage. The aim of the project is in fact to increase scientific knowledge in future citizens by showing science in a creative and multi context way that combines scientific principles with the protection of cultural heritage. Chemistry, physics, geology and microbiology are shown in relationship to cultural heritage values, history and materials, and the learning experience is based on interdisciplinary cultural-recreational activities, that will stimulate students and allow them to reflect upon deterioration processes and therefore up on scientific processes that they meet daily.

Moreover the project aims to favour the development, in young people, of a civic sense of belonging and respect for their territory, not only by illustrating the chemical physical and biological causes of artworks degradation but also by informing them about their fragility and need for conservation. NAPUS aims to promote knowledge of the heritage in their own area so as to involve students more closely in actively contributing to

the processes of cultural protection and preservation. In relation to the latter point, an important aspect faced by NAPUS has concerned the promotion of Intangible Cultural Heritage (ICH) and its relation with Science. ICH encompasses many traditions, practices and customs, including the history of a community and its traditions, such as cuisine and food [19]. Food represents an interesting and unusual way to show that chemistry manifests itself in areas of everyday life, today as in the past. Gastronomic activities were and are social practices that define important moments in the lives of individuals and groups, an important memory to be preserved, taught, and handed down, in particular to younger generations.

This project was undertaken in 2012-2013, in four roman primary schools and at ICCROM, the International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property. The decision to undertake activities both in and out of school contexts provided a comparative basis for the research.

This paper reports three activities performed with the participation of a total of 1532 students. Two of the activities realized during the project concerned the explanation of recent research applications and technologies, respectively, in the field of biology and chemistry, applied to artworks conservation and the third activity was dedicated to the knowledge of local gastronomic traditional practice.

## **2. Experimental activities: methodology and steps**

The project was divided into three interactive activities, each of which was aimed at presenting the cultural heritage in relation to their materials, deterioration processes and methods used for their conservation. The activities concerned different aspects of the science applied to cultural heritage: the first experience, called “Biorestoration”, referred to the use of microbiology for artworks restoration, the second, called “Let’s clean Garibaldi”, was aimed at presenting a new chemical technology for the conservation and the cleaning of monuments, and the third one, “Cooking”, referred to a local gastronomic tradition.

Each activity was divided into three steps: 1) Science educators explained to the students the topics by means of a PPT presentation and showed the laboratory experiences; 2) the students worked in groups to reproduce every lab experience with the assistance of the educators and their teachers; 3) students in a pair explained to the class the science principles and the practical activity they learned. The various experiments have been developed

at different levels of knowledge and adapted to the didactic program of the different classes.

The choice of the three activities was based on:

- the participants' education level;
- the opportunity to present activities that had a reference to the location of the same students;
- the possibility, for the operators, to involve large number of students and, for the school children, to repeat the experience easily;
- the use of safe substances for children;
- need to work in a limited time.

Some scientific concepts included in NAPUS are part of a broad, complex field and could not be communicated in their entirety in a single lab period, so the project was focused on science principles (solutions, acid-base reactions, amino acids....) or science inputs (complex, microbiologic metabolism..) in order to give specific focus designed to encourage public engagement.

Participants were made up of about 250 students for each school involved, coming from the third, fourth and fifth year of elementary school, for a total of 1532 students. Students were accompanied by their teachers. In order to determine the degree of knowledge of both science and cultural heritage, a preliminary conversation was held, interviewing the students and inviting them to speak of their scientific knowledge and laboratory experiments conducted during the school curriculum.

On the basis of their answers, the operators gathered data about the student's conception of cultural heritage and science and explained, at the same time, the relation among chemistry, biology and physics and cultural heritage conservation. Moreover, before this kind of activity, they had little information about the cultural heritage of their community or territory.

### **2.1.1. BioRestoration**

The activity was aimed at introducing the world of microorganisms and explaining in which way they interact not only with humans but also with the environment and artworks. In particular, the didactic experience is interested to show the students that bacterial cells can be used for the conservation and restoration of cultural heritage.

“BioRestoration” represents, in fact, an innovative and environmentally friendly solution for cleaning and consolidation treatments, developed in particular by Italian scientists [20, 21, 22].

At first, the activity started by speaking about microbes in our body and the difference between the macro and micro-world. After, it was illustrated which microorganisms live on our cultural heritage, showing not only their bio-deterioration activity and the decay forms they can cause on monuments, paintings and books, but also the possibility of a positive exploitation of their metabolism used as *bio restoration* agents. Finally, the students were involved in a procedure of microbiological sampling inside the classroom as if they were in an archeological site or a museum.

The sampling procedure included the following phases: a) choice of the area on which the microbial sampling would be performed; b) filling out a technical file in which the materials, colors and characteristics of the chosen sampling area are listed. In addition, the decay forms -if present-, the exposure to light or to air flows were described; c) microbial sampling phase using a specific kit; d) plating of sampled microorganisms in *Petri* dishes; d) student reports.

After the time of incubation, educators showed the students the colonies developed during their sampling procedure in their own classroom (Figure 1).



**Figure 1** Hands-on labs during the “BioRestoration”

### **2.1.2. Let’s clean Garibaldi!**

The activity is based on a recent method for the chemical cleaning of stone surfaces “stained” by corrosion products of copper and its alloys [23]. When metal and stone are used together in the same artifact, this may often pro-



duce conservation problems for the latter. Frequently, walking across Rome, we see bronze statues or inscriptions placed on travertine or marble basements. The surfaces of the marble or the travertine are often green. It is therefore common that the corrosion bronze products, dissolved and washed by rain, can reach portions of the stone surface nearby. As all stones are porous to various extents, the corrosion product laden solutions are absorbed inside the capillary net and, when the stone starts to dry, those products are deposited in a sub-surface volume and give rise to the formation of green stains. At present, ammonium carbonate and bicarbonate are the most commonly used products for the removal of copper stains. But they show some drawbacks: exposure to high levels of ammonia may be dangerous for the operator as it is irritant for skin, eyes, throat, and lungs; moreover, high amounts of ammonia are environmental pollutants. Starting from the environmental causes of deterioration on cultural heritage, this activity illustrates, first, the processes of degradation responsible for the green color on the statue and basement surface, the acid/base solubilization (precipitation) reactions and the stone porosity. Secondly, the activity wanted to direct the attention of the students to a topic of current importance: the sustainability of cleaning products, by showing them the possibility of using amino acids for the removal of green copper compounds, highlighting how they represent an effective eco-friendly alternative to the ammonium salts products.

The practical activity started with the realization of stained samples (travertine blocks 5x5x2 cm). The students, working in groups, first stained the travertine blocks by capillary absorption of copper solutions. Then the stained blocks were cleaned using a solution 0.13 M of alanine (Figure 2).



**Figure 2.** Hands-on labs during the “Let’s clean Garibaldi!”

Cellulose pulp was used as carrier for the cleaning treatments. Students observe the cleaning progress and enjoy the preparation of the cleaning materials for the treatment. At the end of the treatment, all the student groups were able to reinstate the surface of the travertine-block back to the original no-stained color.

This topic teaches the importance of choosing and using materials, actions and life style which can be more environment friendly.

### 2.1.3. Cooking!

Cultural heritage is not limited to material performances, such as monuments and objects that have been preserved over time, but includes also immaterial properties, such as oral traditions, languages, performing arts, social practices and rituals, knowledge and practices concerning nature and the universe, artisan knowledge and skills, which communities and also individuals recognize as part of their cultural heritage. Taking advantage of this definition from UNESCO, the activity has allowed illustrating scientific properties of traditional food, a typical cheese, named *Pecorino*, produced in Italy in the Roman area, that our ancestors, grandmothers and grandfathers knew well and used(Figure 3).



**Figure 3** Hands-on labs during the “Cooking”

This activity started from the historical aspects related to the production of cheese in these territories and then moved on to a practical demonstration through which all the steps of the production of cheese and the preservation methods used in the past were scientifically explained. At the end of the activity, each group of students was able to repeat the experiment, explaining all the steps involved in the production process of *Pecorino* cheese.

## 2.2. Indicators of results

A first indicator was the phase in which the students, at the end of

every activity, have told to their classmates the learned concepts both about the cultural heritage and science, helped by the NAPUS operators. During this phase, the operators corrected only the students' reports when misinterpretations were present in order to encourage this ongoing dialogue and help to shape improvements to pupils' work by their interaction. Many teachers think of assessment as being formal tests and written reports. Much of the best feedback is verbal and develops from informal observations while students are working. The presentation during the activity is an important assessment. We have preferred this approach to the feedback questionnaire, however the last was necessary for the schools.

The questionnaire was carried out together with the teachers and was focused on the evaluation of the students' participation and preferences regarding the activities.

The questionnaire cognitive construct must include the following aspects: a) opinion on activities; b) scientific and cultural heritage feedback. The entire questionnaire can be completed efficiently in about 10 minutes. It was designed in a format that was felt to be readable and relatively quick and easy to complete for the students as it is shown in Table 1.

NAPUS Project 2012-2013	
About you?	Name:                      Classroom:
1	What do you remember about the activities carried out at school? _____
2	Which activity did you prefer? <input type="checkbox"/> Bio Restoration <input type="checkbox"/> Let's clean Garibaldi <input type="checkbox"/> Cooking!
3	The activities had to help you to understand: <input type="checkbox"/> Some scientific concepts <input type="checkbox"/> How the Science can help to the conservation of cultural heritage <input type="checkbox"/> The conservation of cultural heritage
4	Which new scientific concepts or words have you learned during the activities? _____
4	Before these activities, did you know the cultural heritage of your territory? Which ones? _____
5	Cultural diversity as expression of traditions, skills and customs are passed from generation to generations is an intangible cultural heritage <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> I don't know
6	Why is it important to conserve cultural heritage? <input type="checkbox"/> Because they are pieces of my city or community <input type="checkbox"/> Because they are our identity for the future
7	Who is the conservation scientist? <input type="checkbox"/> An archeologist <input type="checkbox"/> A restorer <input type="checkbox"/> A scientists who use his skills to conserve the cultural heritage <input type="checkbox"/> Everybody
8	Do you like the conservation scientist job? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> I don't know
9	Do you have any observations and suggestions? _____
10	Would you like to visit a laboratory where the science is applied to cultural heritage? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> I don't know

The last question was presented only in case of activities undertaken in schools.

Also the teachers were interviewed about the activities and the project. The teachers' opinions are clustered and synthesized in Table 2. The objective of this phase was to understand the individual opinion of teachers regarding the activities and it was not intended to compare the NAPUS to the methods used by the science teachers currently working at the school. It enabled us to evaluate NAPUS impact on the students through the teachers' expert point of view.

At the end of the "course" the students have received a certificate of "junior conservation scientist".

Finally, we have asked the parents to obtain some feedback from their children when they went home.

### **3. Results and discussion**

During the activities, when it was asked to the students to become a "conservation scientist" and to tell the activities in the classroom, 80% of the interviewed students were able to explain the scientific concepts and to reason scientifically about cultural heritage degradation and conservation even if with some mistakes. The errors made most frequently covered the following more complicated topics: the solubility of the salts of copper, the porosity of the stone, the name of some microorganisms and the rennet. The experiments have been highly effective for engaging all the participants on these topics demonstrated by the many questions at the end of every activity and during the presentation of the students. The students easily explained the scientific processes in combination with their daily life, in particular those interventions regarding: the use of microorganisms for the treatment of waste, the cleaning of bronze objects present at home, the identification of dance from South Italy as intangible cultural heritage to example: "Pizzica" or "Tarantella".

"Biorestitution" has encouraged the student's curiosity, in particular by the different behavior of bacteria in the process of degradation and conservation of cultural heritage. "Let's clean Garibaldi!" has produced more informal observations. Many students remembered seeing this form of degradation on some statue of their district, others had already encountered the word alanine. Often the activity has turned into a competition to see who was able to effectively clean the sample.

The activity started using solution of copper (blue) to stain the samples and

finished with the formation of copper alanine complex (blue), has required them to speak about the process in-depth without confusing the two solutions.

“Cooking” was found to be interesting especially for the history linked to cheese production: *Pecorino* was, in fact, the main food of the roman soldiers and production was a way to preserve milk. The difficulty of "cooking" is that it requires some knowledge that students acquire passively without increasing their comprehension during the activity itself, such as the reaction mechanism with rennet.

One limit of “Let’s clean Garibaldi!” was that the concepts of porosity and complexation were not developed at this level of analysis and maybe it should have been.

All activities have encouraged dialogue between operators and students and in some cases teachers have been involved.

The answers to the questionnaire for every query coming from 380 students are summarized below:

1) The activities were funny, some operators were preferred over others, while concepts often present in the answer are: the microbiologic sampling in the room, the difference between the micro and macro world (12%), the behavior of bacteria, “good” in some cases and “bad” in others, the presence of bacteria in the human body, the capacity of bacteria to clean the monuments, the green colour of copper salts, alanine as food, the capacity of alanine to form blue solutions from green colour of Marco Aurelio Basement, the use of cellulose pulp to remove copper stains, the Romans and the cheese, cheese production as a chemical process.

2) 50% of students preferred “BioRestoration”, while the 25% preferred “Let’s clean Garibaldi!” and 20% “Cooking!”. The other students did not fill out the question. These results were influenced by the classroom level. All students of fifth level have chosen “BioRestoration” while in the other levels there is more balance among the different activities.

3) The positive answer to the second question (58% for B) explains that the students understood that the purpose was not to communicate only scientific concepts, but understanding the science in a simple multi-curricular context, inviting them to explore science and cultural heritage.

4) The most frequent words or concepts were: biore restoration, cleaning of monuments, conservation scientists, travertine, chemical complexes, deterioration, conservation, food.

5) No good, only 53% of students answer “yes”, many “I don’t know”. Perhaps, it was a difficult question for a child but it’s necessary to carry out more activity to explain intangible cultural heritage.

6) 70% of interviewed students are in agreement with the answer: Because they are our identity for the future.

7, 8) Yes, the conservation scientist definition and job is entered in the mind of children (76%) and 80% like the conservation scientist job.

9, 10) The answers show the students’ interest and the will to repeat this experience and also to visit a dedicated laboratory.

Table 2 reports the teachers’ opinions on the activities. The teachers were happy about the whole project because the topics were appropriate to the children scientific curiosity and the activities allowed them to develop a different non-habitual view about science. For more than 80% of teachers, the project has significant implications for primary practice approach while fitting with the Italian primary school curriculum is not always possible.

Many teachers have stressed how the dichotomy between macro (in this situation: chemistry) and micro (microbiology) worlds provides a conceptual overview of science and materials that can encourage the students’ interest.

<b>Tab. 2. Synthesis of teachers’ interviews</b>					
	<b>Very Good</b>	<b>Good</b>	<b>Sufficient</b>	<b>Mediocre</b>	<b>Note</b>
Interest of Students	80%	20%			
Clarity of information and scientific concepts	60%	40%			Depends on the operator
Capacity of activity to catch the students’ attention	30%	70%			
Interaction with the school curriculum		80%	20%		
Capacity to show the interdisciplinarity of science	90%	10%			
Opinion about “Let’s clean Garibaldi” activity	20%	70%	10%		
Opinion about “BioRestoration” activity	90%	10%			
Opinion about “Cooking” activity	70%	20%	10%		
Global opinion	70%	20%	10%		
Will you do again this activity with other classrooms?	80%	20%			
This project helps the student to increase the information about science	60%	30%	10%		
Capacity to help you in your activity	10%	30%	60%		

Finally, the children have shown interest about the activities to tell their parents; some feedback from parents is reported below.

a) «My son was very happy about the experiments and very interested in the explanations of the chemist. They told us about chemistry and copper

and the other substances used to clean with a tissue. He was very interested in the experiments»;

b) « He said that it was a great experience; the slides were very interesting and also the explanation of how monuments are damaged and have to be cleaned»;

c) «He liked the experiments and the stripes of alanine with the copper; he had a lot of fun!»;

d) «During the usual bedtime confusion she tried to tell us about the activity (this is positive because she never tells us anything of what she does in school!), she said she had fun and it was interesting, specially the part of cleaning the travertine, even though she did not remember the names of the products used»;

e) «Our daughter told us enthusiastically about the existence of bacteria that can be used in restoration practices »;

f)«The experiments were very nice and also the Garibaldi's story»;

g) «She was very excited, especially when they had the chance to do the experiments themselves. She attended with very great interest throughout the visit in the laboratory».

Moreover, NAPUS pilot project has allowed showing some complex daily situations, such as the cultural heritage degradation, that can be solved thanks to scientific (chemical and microbiological) processes.

The proposed activities highlight different types of practical activities that could be used to increase public understanding of science using the cultural heritage context. In this way the children have demonstrated interest in science making detailed observations and being able to repeat the main concepts of the experiences. Bacteria and the micro-world have powers to stimulate much children interest and their role in the conservation of cultural heritage as well as in human survival, and allows illustration how science cannot be directly evaluated as good or bad. Furthermore the topics of this activity are intuitive and fruitful for children of every level. "Let's clean Garibaldi!" allows building an immediate relationship between the students and their community respect to the other activities, although the concepts need a major scientific background. "Cooking" captures more the history than the practical work, but the aim is reached: the introduction of intangible cultural heritage.

The NAPUS pilot project results demonstrate that to acquire science concepts, children can start from their cultural heritage by speaking about their conservation. The activities have used, for explanations of phenomena

and of concepts, a vocabulary rooted in everyday life, so the new words are all related to the conservation aspects. The informal observations have allowed them to understand the individual re-examination of concepts and their descriptions have amazed the operators. In synthesis, the students have shown:

- a) a more than satisfactory participation;
- b) interesting the science behind the activities;
- c) increasing their awareness of role of Science in everyday life by observing the science applied to the conservation of cultural heritage;
- d) to appreciate the job of conservation scientists;
- e) to improve the importance of cultural heritage in their life;
- f) innate confidence in using laboratory glass and, in some cases, intense feeling for science;
- g) the will to communicate their knowledge to their colleagues.

Finally, the level of satisfaction about the activities has been high also for teachers. NAPUS is a good quality practical work that can not only engage students with the processes of scientific enquiry, but also communicate the wonder of cultural heritage. However it seems more a well-targeted extra curriculum way to explain science than a support to school teaching.

#### **4. Different activity location**

There is no evidence that the same practical work in other locations increases with respect to school (classroom or school laboratory). But it sure can increase their motivation. In fact, it's necessary to consider the implications of personal values associated with the out-of-school location including freedom, fun, a major sense of prestige. Respect compared with school, the out-location activity allows to live directly the experience to work in a real laboratory, increasing the awareness and the fascination of scientists job. This pilot research wasn't focused on the demonstration of the need for science activities outside the classroom environment but there is every indication that the exterior location ensures an enhancement and an enrichment of the activities.

#### **5. Conclusions**

The results of this pilot project indicate that children' recognition of science can be facilitated by the conservation scientist job and *vice-versa* the public recognition of conservation scientists can be facilitated by the activities in schools.



Cultural Heritage consists of a complex mixture of tangible and intangible property and scientific processes that every child can find in his life and easily understand through a series of simplified explanations. As a topic, cultural heritage offers remarkable advantages in teaching science: cultural heritage is unique and full of fascination. It integrates in the same artifact (whether tangible or intangible) aspects of history, of science, of culture, and of identity.

NAPUS is a preliminary approach using science applied to cultural heritage. It wants to analyze what could work well and what doesn't in the public recognition of science. Those good results demonstrate that there are suitable elements so that it could be adopted by:

- a) educational institutions to realize practical work outside of the school curriculum and to improve the awareness of young people of cultural heritage and its conservation;
- b) institutions of research working in the cultural heritage field to promote the conservation scientist job and the science applied to cultural heritage.

### **Acknowledgments**

Thanks to Prof. Henry A. DePhillips, Jr. (Vernon K. Kriebel Professor of Chemistry Emeritus, Department of Chemistry, Trinity College) for the support and the suggestions given to the project.

### **References**

- [1] Science and Heritage. Report with Evidence. *HOUSE OF LORDS. Science and Technology Committee. 9th Report of Session 2005–06.*
- [2] Adriaens A., 2004, European actions to promote and coordinate the use of analytical techniques for cultural heritage studies. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, Volume 23, Issue 8, Pages 583-586
- [3] Creagh D.C., 2006, The characterization of artefacts of cultural heritage significance using physical techniques. *Radiation Physics and Chemistry*, Volume 74, Issue 6, Pages 426–442
- [4] Ott M., Pozzi F., 2011, Towards a new era for Cultural Heritage Education: Discussing the role of ICT. *Computers in Human Behavior*, Volume 27, Issue 4, Pages 1365–1371
- [5] Aslan, Z.; Ardemagni, M., 2007, Introducing young people to heritage site management and protection : a practical guide for Secondary school teachers in the Arab region. Rome: *ICCROM, Rev. 2nd. ed.*; 115 p.

- [6] Azhari N. F. N., Mohamed E., 2012, Public Perception: Heritage Building Conservation in Kuala Lumpur. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 50, Pages 271-279
- [7] Giménez J. E., Ávila Ruiz R.M., Listán M. F., 2008, Primary and secondary teachers' conceptions about heritage and heritage education: A comparative analysis. *Teaching and Teacher Education*, Volume 24, Issue 8, Pages 2095–2107
- [8] Jing-Wen L., Mei-Hung C., Hsiu-Yi C., 2007, Promoting Public Understanding of Chemistry in Rural Village via the Activity of “Young Ambassadors for Chemistry”. *Proceeding of the 2nd NICE Symposium*, Taipei, Taiwan.
- [9] Rowat A. C., Hollar A. K., Stone H. A., 2011, The Science of Chocolate: Interactive Activities on Phase Transitions, Emulsification, and Nucleation. *Journal of Chemical Education*, Vol. 88, No. 1, pp 29-33
- [10] Bollo A., 2013, Report 3 – Measuring Museum Impacts, Edited by Ann Nicholls, Manuela Pereira and Margherita Sani. *The Learning Museum Network Project*
- [11] Vecco M., 2010, A definition of cultural heritage: From the tangible to the intangible. *Journal of Cultural Heritage*, Volume 11, Issue 3, Pages 321-324
- [12] Tuan T. H., Navrud S., 2008, Capturing the benefits of preserving cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, Volume 9, Issue 3, Pages 326-337
- [13] Bembenutty H., 2008, The last word: the scholar whose expectancy-value theory transformed the understanding of adolescence, gender differences, and achievement: an interview with Jacquelynne S. Eccles (Interview). *Journal of Advanced Academics*, 19, 531-550.
- [14] Eshach H., Friedl M. N., 2005, Should Science be Taught in Early Childhood?. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 14, No. 3, pp. 316-336.
- [15] Bucat R., 2004, Pedagogical content knowledge as a way forward: Applied research in chemistry education. *Chemical Education: Research and Practice*, 5, 215-228.
- [16] Justin Dillon, 2008, A Review of the Research on Practical Work in School Science, *King's College London*
- [17] Alan Peacock, 1997, Opportunities for Science in the Primary Grades. *Trentham Books*, pag. 20
- [18] National Science Foundation (NSF), 2010, Chapter 7. *Science and Technology: Public Attitudes and Understanding*, *Science and Engineering Indicators*.
- [19] Andrews C., Viejo-Rose D., Baillie B., Morris B., 2011, Conference Report: Tangible-Intangible Cultural Heritage: A Sustainable Dichotomy?. *International Journal of Intangible Heritage*, Vol. 2.

- [20] A.R. Sprocati, C. Alisi, F. Tasso, E. Vedovato, N. Barbabietola and C. Cremisini, 2008, A microbiological survey of the Etruscan Mercareccia tomb (Italy): contribution of microorganisms to deterioration and restoration, in: *Art 2008- Non-destructive investigations and microanalysis for the diagnostics and conservation of cultural and environmental heritage*, Jerusalem, Israel.
- [21] Ranalli G., Alfano G., Belli C., Lustrato G., Colombini M.P., Bonaduce I., Zanardini E., Abbruscato P., Cappitelli F., Sorlini C., 2005, Biotechnology applied to cultural heritage: biorestitution of frescoes using viable bacterial cells and enzymes, *Journal of Applied Microbiology*, 98; 73-83.
- [22] Cappitelli F., Toniolo L., Sansonetti A., Gulotta D., Ranalli G., Zanardini E., Sorlini C., 2007, Advantages of using microbial technology over traditional chemical technology in removal of black crusts from stone surfaces of historical monuments, *Applied and Environmental Microbiology*, 73 (17); 5671–5675.
- [23] Macchia A., Sammartino M.P., Laurenzi Tabasso M., 2011, A new method to remove copper corrosion stains from stone surfaces. *Journal of Archaeological Science*, Vol.38, Issue 6, 1300-1307.



**Bixa orellana, il rosso degli Aztechi Parte II:**  
**Prove di laboratorio**  
**Estrazione del colorante bixina, caratterizzazione con TLC, UV, IR e**  
**utilizzo dei semi nella tintura di fibre naturali**

Gianfranco **Goi**, Maria **Miurin**  
ISIS “Solari” Tolmezzo (UD)

**Riassunto**

*I semi dell'albero tropicale Bixa orellana L. contengono nella pellicola resinosa di rivestimento il colorante chiamato Annatto. Fin dall'antichità, nei paesi dove la pianta cresceva spontanea, veniva utilizzata per dipingere. Il principale pigmento dell'Annatto è un carotenoide denominato Bixina. Il presente studio, a completamento della parte I, è finalizzato a descrivere le prove, fatte in un laboratorio per uso didattico, per l'estrazione e la caratterizzazione del colorante della Bixa orellana, nonché i test di tintura di alcune fibre tessili.*

**Abstract**

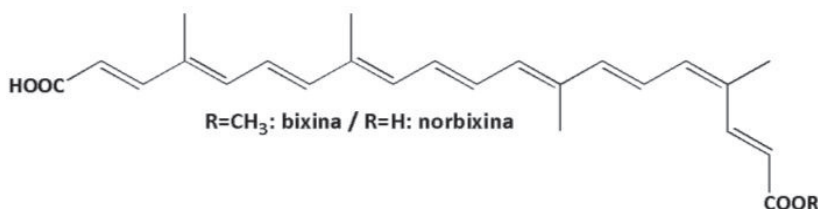
*The seeds of the tropical tree Bixa orellana L. they contain in the resinous film of covering the called dye Annatto. Since the antiquity, in the countries where the plant grew spontaneous, you/he/she was used for painting. The principal pigment of the Annatto is a denominated carotenoide Bixina. The present study, to completion of the part. The, are finalized to describe the tests, done in a laboratory for didactic use, for the extraction and the characterization of the dye of the Bixa orellana, as well as the tests of dye of some textile fibers.*

**1. Introduzione**

Nell'ambito di uno studio in corso da tempo presso l'Istituto Solari di Tolmezzo su prove di tintura di tessuti usando coloranti naturali, si è esplorata la possibilità di impiegare anche l'annatto, colorante naturale estratto dalla Bixa orellana, una pianta tropicale. Il presente lavoro rappresenta il sunto delle ricerche effettuate per estrarre il colorante dai semi, la sua caratterizzazione e le prove di tintura e fissaggio del colorante su differenti tipologie di tessuto.

Come già esposto nella parte I, l'Annatto si ricava dai semi della Bixa orellana, un arbusto cespuglioso, che cresce nelle aree tropicali dell'America del Sud, in India e in Africa. Si stima che il 60% della produzione mondiale di annatto provenga dall'America Latina (Perù, Brasile Bolivia, Ecuador, Jamaica, Repubblica Dominicana, Argentina, Messico), il 27% dall'East &

West Africa (Kenya) e il 12% dall'Asia (India e Filippine). I semi che abbiamo utilizzato nella nostra attività didattica provengono dall'Africa (Costa d'Avorio). Responsabile del colore dell'Annatto è un carotenoide denominato bixina. La bixina è un estere con struttura di tipo isoprenico con nove doppi legami coniugati. Contiene alle estremità due gruppi carbossilici, dei quali uno, nella Bixina, è sotto forma di estere metilico:



**Figura1** - Struttura chimica di **Bixina** (estere metilico) e **Norbixina** (acido)

La ricerca effettuata nei laboratori chimico-fisici dell'istituto "Fermo Solari" di Tolmezzo (UD) aveva lo scopo di verificare la possibilità di utilizzare l'annatto come colorante per filati di origine animale e vegetale. Lo studio si è sviluppato in più momenti:

- messa a punto un valido sistema di estrazione dell'annatto dai semi di *Bixa orellana*
- verifica della purezza dell'estratto ottenuto
- test di colorazione e fissaggio dei filati

## 2. Materiali e metodi

**Materiali vegetali:** La Bixina è stata estratta dai semi di Anatto acquistati dalla ditta Erboristeria Minardi Bagnacavallo (RA) Sono stati utilizzati filati e tessuti in lana cotone e lino acquistati in mercerie locali **Estrazione della Bixina** Per l'estrazione dell'Annatto dai semi interi, in laboratorio si è proceduto in modi diversi, al fine di individuare la modalità estrattiva migliore:

- **quattro** campioni di semi (10 g) sono stati sottoposti ad estrazione con differenti solventi organici, rispettivamente acetone (J.T. Baker ACS Grade), esano (J.T Baker ACS Grade), diclorometano (Baker ACS Grade), cloroformio (Carlo Rrba RPE). L'estrazione è stata condotta a temperatura ambiente con agitazione frequente, per un tempo di 45 minuti. Dopo l'eliminazione dei semi per filtrazione, i solventi sono stati eliminati al rotavapor e l'estratto ottenuto, contenente il pigmento, è stato pesato

- **un** campione di semi (10 g) è stato sottoposto ad estrazione con 40 ml di una soluzione acquosa di NaOH (Prolabo RP) al 10% con agitazione frequente per un tempo di 45 minuti a temperatura ambiente. Eliminati i semi per filtrazione, è stata aggiunta una soluzione di HCl conc (Carlo Erba RPE), con agitazione, fino a pH=4, ottenendo un precipitato rosso scuro che è stato filtrato sotto vuoto usando una carta da filtro (fascia nera Whatman) precedentemente pesata e lavato con acqua fino a pH neutro. Il filtro con l'estratto è stato fatto essiccare a temperatura ambiente ed infine è stato ripesato
- **un** campione è stato sottoposto ad estrazione con acetone in Soxhlet per 1,5 h, rimossi i semi per filtrazione, eliminato il solvente a rotavapor e l'estratto pesato
- **un** campione di semi (10 g) è stato sottoposto ad estrazione con 40 ml di una soluzione acquosa di Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Carlo Erba RPE), al 10% usando lo stesso procedimento effettuato con l'idrossido di sodio. Particolare attenzione si è dovuta porre nella fase di acidificazione per l'abbondante schiumeggiamento che la reazione comporta.



**Figura 2** - Fasi di estrazione del colorante

**Tabella:** Risultati ottenuti con i diversi solventi

solvente	rapporti	temperatura	tempo di estrazione (min)	resa % estratto p/p
	massa semi / volume solvente			
Acetone	0.25	ambiente	45	7.27
Esano	0.25	ambiente	45	0.3
Acetone Soxhlet	q.b.	di riflusso	90	9.2
Na OH 10%	0.25	ambiente	45	7.5
NaHCO <sub>3</sub> 10%	0.25	ambiente	45	2.34
Diclorometano	0.25	ambiente	45	6.38
Cloroformio	0.25	ambiente	45	7.49

I solventi che sono risultati essere più validi, agli effetti dell'estrazione, sono stati: acetone (soprattutto effettuando l'operazione in apparecchio di Soxhlet), NaOH 10% e cloroformio. Non si sono ottenuti risultati efficaci utilizzando esano e la soluzione acquosa di NaHCO<sub>3</sub> al 10%.

### 3. Influenza del volume e della concentrazione del solvente sulla resa di estrazione del colorante

Sono state effettuate delle prove a concentrazioni e volumi diverse di idrossido di sodio (Tabella 2).

**Tabella 2**

	solvente	massa semi (g)	volume solvente (cm <sup>3</sup> )	tempo di estrazione (min)	massa estratto (g)	resa % estratto
A	NaOH 5%	5.2	20	45	0.25	4.98
B	NaOH 5%	5.2	40	45	0.26	5.18
C	NaOH 10%	5.2	20	45	0.70	13.94
D	NaOH 10%	5.2	40	45	0.72	14.34

Dall'analisi dei risultati ottenuti si può affermare che il parametro che influenza maggiormente l'estrazione non è il volume di solvente aggiunto, a parità di peso di semi di bixina, ma la concentrazione del solvente stesso, raddoppiando la quale quasi si triplicano le rese.

## 4. Caratterizzazione dell'estratto colorante ottenuto

### 4.1 Analisi Qualitativa

**4.1.1 Ricerca carotenoidi:** pochi mg di ogni estratto sono stati introdotti in una provetta con l'aggiunta di 2 ml di H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 96% (Carlo Erba RPE). Il saggio è risultato positivo per tutti gli estratti ottenendo un colore blu-verdastro

**4.1.2 Doppi legami:** pochi mg di estratto sono stati sciolti in una provetta con acetone e alla soluzione ottenuta è stata aggiunta, goccia a goccia, una soluzione diluita di KMnO<sub>4</sub> (Carlo Erba RPE) acidificata con acido solforico. Il saggio è risultato positivo per tutti gli estratti poiché la soluzione di permanganato di potassio si è decolorata.

## 5. Analisi TLC

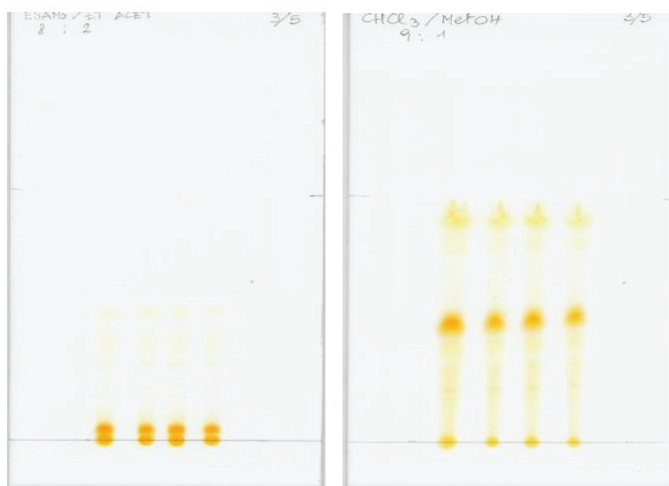
I principali componenti del pigmento rosso degli estratti ottenuti con I diversi metodi sono stati separati mediante TLC usando lastre su gel di silice (Merck 5×10 cm spessore strato 0,25 mm) (utilizzando le seguenti miscele di solventi:



1<sup>a</sup> miscela cloroformio : metanolo (9:1 v/v)

2<sup>a</sup> miscela esano : acetato di etile (Carlo Erba RPE) 8:2 v/v.

Dopo l'eluizione le lastrine sono state nebulizzate con Solfato di Cerio. La nebulizzazione con solfato di cerio porta alla colorazione violetta/rosa unicamente della macchia più intensa della bixina (con il riscaldamento si decolora)



**Figura 3** - Foto delle lastrine dopo eluizione dell'estratto colorato con la miscela esano/acetato di etile (8:2) a sx e con cloroformio/metanolo (9:1) a dx

La TLC che usava come eluente esano-acetato di etile 8:2 aveva come finalità la verifica negli estratti l'esistenza di costituenti meno polari: il cromatogramma ottenuto ha dimostrato che solo una piccolissima parte del materiale è stato eluito, ottenendo una macchia uniforme di forma allungata, di color arancione con Rf minore di 0,5 e il che suggerisce siano presenti carotenoidi con raggruppamento acido.

L'uso della miscela cloroformio/metanolo (9:1) come eluente della seconda TLC aveva lo scopo di separare meglio i costituenti polari come la Bixina.

Il cromatogramma ottenuto mostra che gran parte del materiale è stato eluito dando origine a macchie di forma allungata, di colore arancio, distribuite su tutto il percorso dell'eluente. E' stata rilevata una zona centrale di maggior concentrazione color arancio scuro avente Rf 0,48, molto probabilmente corrispondente alla Bixina, composto che costituisce circa l'80% dei pigmenti presenti nei semi di Annatto.

La macchia migrata con il fronte del solvente ha Rf 0,94.

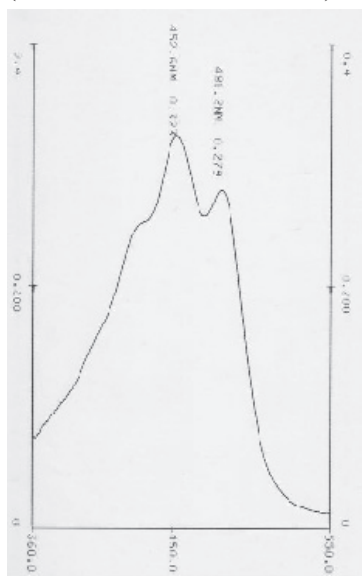
L'eluente che ha realizzato una separazione migliore in TLC è stato la miscela composta da cloroformio/metanolo, evidenziando le caratteristiche polari dei principali componenti dell'estratto.

## 6. Determinazione del tenore di Bixina con analisi spettrofotometria UV-VIS

La letteratura registra una concentrazione media di Bixina nei semi di Urucun che varia dall'1,2 al 2,3%. Tuttavia la resa può essere subordinata oltre che al tipo di solvente utilizzato per l'estrazione, dalla quantità effettivamente presente nei semi, che dipende da altri fattori ambientali come temperatura, illuminazione, indice pluviometrico.

Il contenuto di Bixina nei pigmenti è stato da noi determinato per via spettrofotometrica, estraendo il composto, dai residui ottenuti, come descritto da Yabiku & Takahashi, citato dal Rebouças (1995). Ogni pigmento estratto è stato sciolto in cloroformio e analizzato con spettroscopia UV-Visible (Spettrofotometro Shimatzu Mod UV260).

Le letture di assorbanza, per il calcolo della concentrazione, sono state effettuate alla lunghezza d'onda di 453 nm, coefficiente di estinzione molare pari a  $2826 \text{ l} \times \text{mol}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$ . Il valore 1,037 è il rapporto tra le Masse Molari (Bixina/Norbixina 394/380)



La percentuale di Norbixina è stata calcolata con la formula seguente

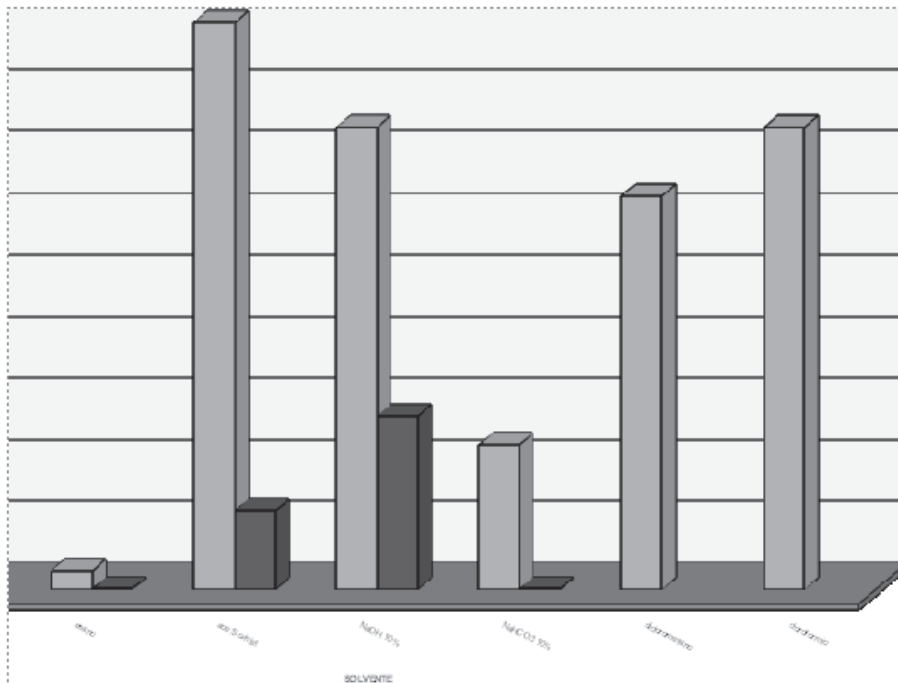
$$\% \text{ Bixina} = \frac{\text{ABS} \cdot \text{fattore dil} \cdot V_{\text{iniz. estratto}}}{\text{massa} \cdot \epsilon} \cdot 1,037$$

**Figura 4** - Spettro UV-VIS dell'estratto ottenuto di Bixina sciolto in cloroformio. E' presente una banda di assorbimento molto ampia nel visibile, che presenta tre picchi con un massimo a 453nm. Questo assorbimento è facilmente imputabile al cromoforo costituito dalla lunga catena di atomi di carbonio legati con doppi legami coniugati tra loro e con i gruppi carbossilici terminali.

**Tabella 3** - Concentrazione di bixina ottenuta nelle diverse prove di estrazione

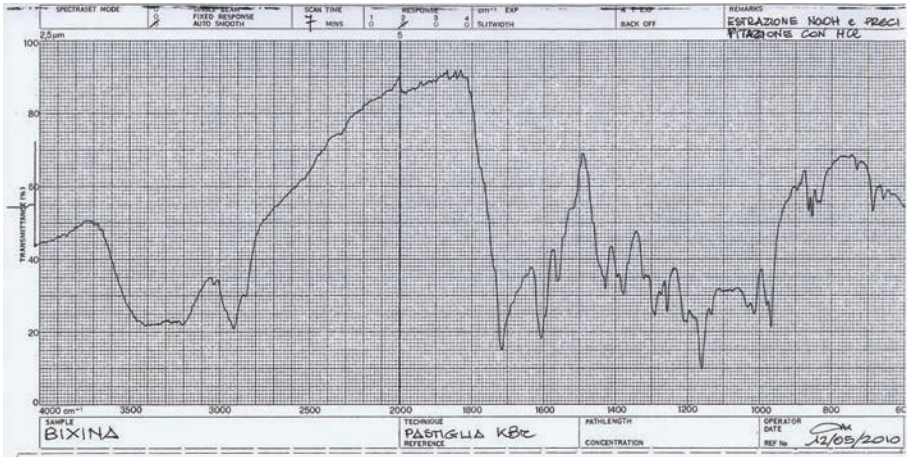
<b>Estratti (solvente estrattore)</b>	<b>Concentrazione di Bixina nell'estratto (mg/l)</b>
acetone	0,87
esano	0,0095
acetone (metodo Soxhlet)	1,28
NaOH 10%	2,81
NaCO <sub>3</sub> 10%	0,0013

Anche se la resa di estratto grezzo ottenuto con acetone in Soxhlet è stata la più elevata (9,2%) la quantità di Bixina pura ottenuta, determinata con spettrofotometria UV-Vis, è stata inferiore a quella determinata nell'estratto grezzo ottenuto con la soluzione di NaOH 10%, come evidenziato dal grafico. (Figura 5)

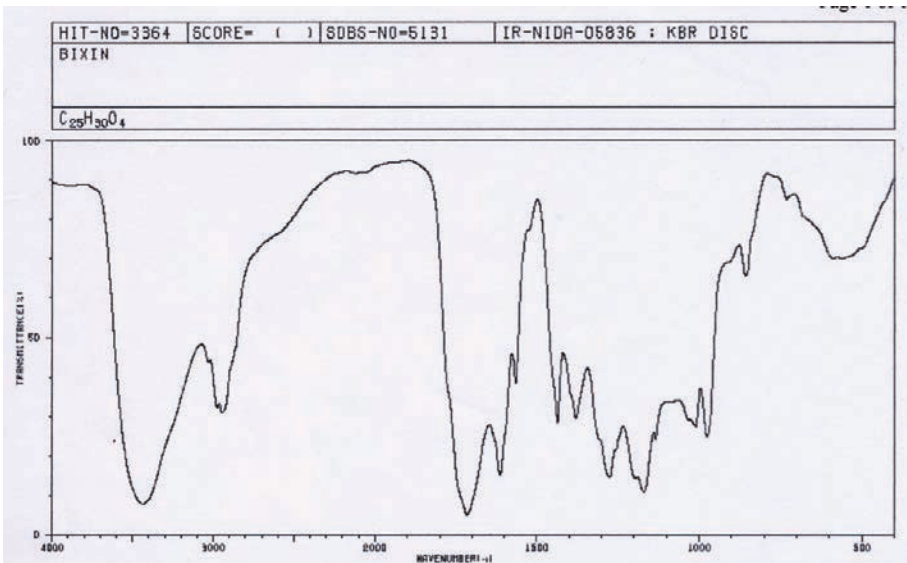
**Figura 5**

### 7. Analisi spettroscopica IR

La qualità degli estratti ottenuti è stata analizzata anche con l'analisi spettroscopica nel campo degli IR utilizzando uno spettrofotometro Philips Pye Unicam SP3-300.



**Figura 6** – Spettro IR dell'estratto ottenuto con soluzione alcalina (tecnica: pastiglia di KBr)



**Figura 7** - Spettro IR di uno standard di Bixina (tecnica: pastiglia di KBr)

La similitudine tra lo spettro IR dello standard e del nostro estratto conferma la presenza di bixina.

## 8. Tintura di diversi tipi di fibre con semi di Bixina

Se un colorante è una sostanza che si fissa stabilmente attraverso legami chimici o per adsorbimento fisico al materiale a cui è applicata, di solito attraverso un mezzo acquoso, tingere significa trasferire detto colorante dal bagno alla fibra in modo da distribuirlo uniformemente e fissarlo stabilmente. Il processo avviene sotto l'azione di caratteristiche chimico-fisiche proprie della fibra e del colorante. Non sono estranei fattori "esterni", come: la velocità di riscaldamento ed il valore limite della temperatura che si raggiunge, la concentrazione degli elettroliti, la variazione del pH, l'agitazione del bagno ecc... Da notare che nella tintura delle fibre tramite coloranti naturali (sia di tipo vegetale che animale) è praticamente impossibile ottenere la stessa identica tonalità più volte. E' per questo che tutti i filati che devono necessariamente avere la stessa tonalità devono essere tinti nello stesso *bagno-colore*

### 8.1 Preparazione del “*bagno colore*”

Il *bagno-colore*, per la maggior parte delle tinture vegetali, è ottenuto in mezzo acquoso. Poiché la Bixina è insolubile in acqua, essa necessita di essere trasformata in Norbixinato di sodio per mezzo di una soluzione alcalina. Pertanto il *bagno-colore* è stato preparato mettendo i semi in una soluzione acquosa di carbonato di sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), un alcali debole e di uso comune nell'industria tessile.

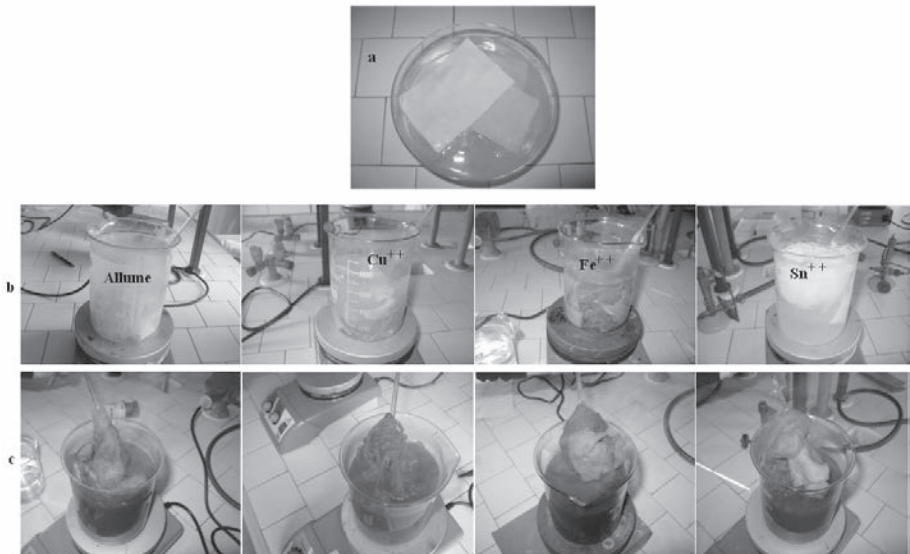


**Figura 8 .** Fasi della preparazione del bagno-colore

Sono stati sottoposti a tintura: lana in fiocco, lana in filo e lana in tessuto, seta, cotone e lino.

## 8.2 Mordenzatura

È il processo che permette al colorante di legarsi stabilmente alle fibre e di ottenere colorazioni o sfumature diverse sullo stesso tipo di fibra. Si usano allo scopo appunto sostanze chiamate mordenti: essi costituiscono legami covalenti con gli appropriati gruppi funzionali delle fibre formando complessi stabili mordente/fibra con i quali i coloranti vanno a interagire ottenendo una specie insolubile e assai tenace. La mordenzatura altera di frequente la tonalità originaria del pigmento. I mordenti utilizzati sono stati:  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  (solfato di alluminio e potassio dodecaidrato),  $\text{CuSO}_4$  (solfato di rame),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (solfato di ferro II eptaidrato),  $\text{SnCl}_2$  (cloruro di stagno II) alle opportune concentrazioni. (Figura 9b)



**Figura 9.** a) fibre messe in ammollo in acqua stemperata prima della mordenzatura; b) fibre poste nei mordenti utilizzati; c) fibre durante la tintura a  $90^\circ\text{C}$  per circa 1 ora

Alla tintura sono seguiti una serie di lavaggi con acqua a temperature decrescenti ed infine un lavaggio con detergente liquido e successivi lavaggi con acqua stemperata.

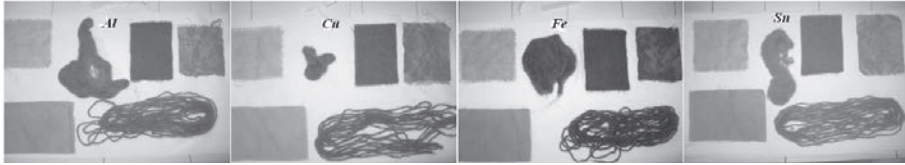


Figura 10. Risultato finale

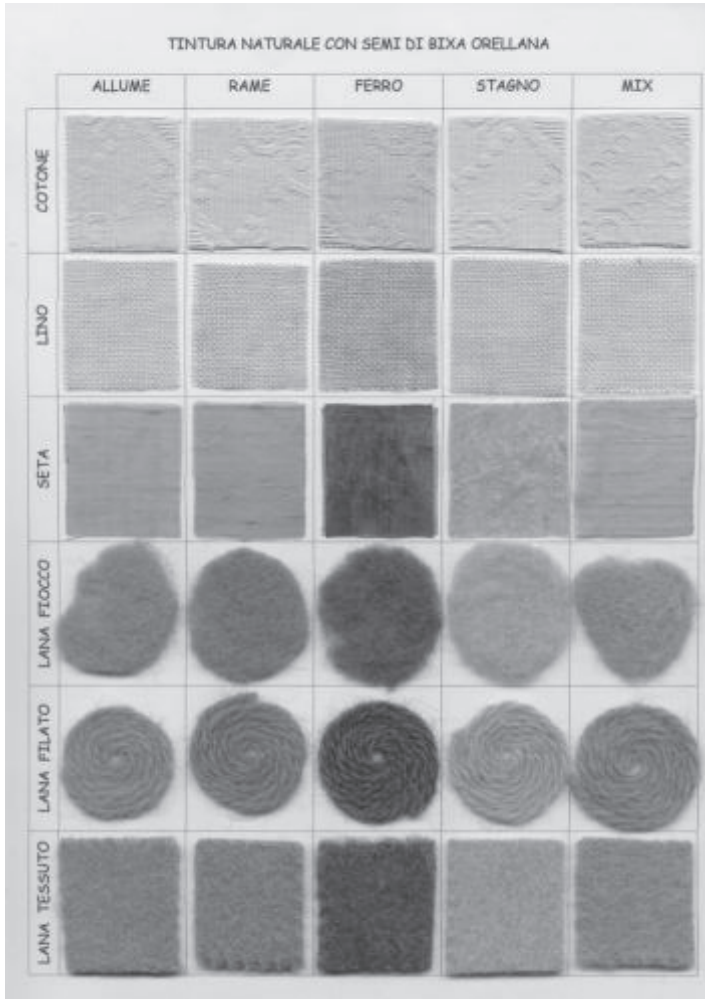


Figura 11. Raccolta test di tintura con tutta la serie di mordenti su fibre animali e vegetali

### **Conclusioni, risultati e discussione**

Scelta del solvente per l'estrazione del colorante: come si può dedurre dalla tabella, l'esano e la soluzione acquosa al 10% di NaHCO<sub>3</sub> non si dimostrano validi come solventi estrattori, portando a rendimenti di residuo estratto rispettivamente dello 0,30% e 2,34%. I solventi migliori risultano essere l'acetone, in particolare se utilizzato con apparecchio di Soxhlet (9,2%), e la soluzione acquosa di NaOH 10% (7,5%). L'estratto ottenuto con la soluzione di NaOH 10% ha dimostrato, però, di possedere la maggiore quantità di colorante. Test di tintura: i filati di origine vegetale sono chimicamente diversi da quelli di origine animale, i primi sono costituiti da cellulosa, i secondi sono proteici. Un colorante si legherà più o meno in base alle diverse capacità di interazione fibra/colorante. I risultati ottenuti dimostrano che l'interazione tra l'Annatto e le fibre cellulosiche (cotone e lino) è molto bassa mentre è molto buona con le fibre proteiche (lana e seta). I mordenti, aumentando l'affinità tra le molecole di colorante e la fibra, facilitano il fissaggio del colorante alla fibra e permettono una tintura più profonda e permanente. La mordenzatura effettuata sulla fibra prima della tintura la rendono più sensibile al colorante. Alcuni mordenti agiscono anche modificano il colore impartito dal colorante. Questi effetti possono essere osservati nella immagine "raccolta test di tintura ...". Al di là della considerazione sulle possibilità di utilizzo di questa tecnica di colorazione nelle contesto produttivo attuale l'esperienza si è dimostrata dal punto di vista didattico stimolante e coinvolgente per gli studenti.

### **Bibliografia**

- L.Tocchini, A. Z. Mercadante, *Extracao e determinacao, por CLAE, debixina e norbixina em colorificos; Ciênc. Tecnol. Aliment.* vol.**21** N.3 Campinas SP – Brazil (2001)
- J.E.D. Pineda, L.Saldarriaga Calderòn, *Planta piloto para obtener colorante de la semilla del achiote (Bixa orellana); Universidad Eafit, Medellin, Colombia* vol.**39**, N.131 (2003)
- F. Bouvier, O. Dogbo, B. Camara, *Biosynthesis of the food and cosmetic plant pigment bixin (annatto); Institut de Biologie Moléculaire des Plantes, CNRS, Université Louis Pasteur, Strasbourg, Cedex, France.* Science 300: 2089-91. (2003)
- A. S. L. Tirimanna, *Study of the carotenoid pigments of Bixa orellana L. Seed by thin layer chromatography;* University of Suriname, Faculty of Natural Resources Paramaribo, Suriname (South America)
- Da Costa, Chaves, *Extracao de pigmentos das sementes de Bixa orellana L.: uma alternativa para disciplinas experimentais de quimica organica;* Universidade Federal do Piauí – Teresina – BRASILE Quim. Nova Vol.**28**, N.1 149-152, 2005



- C. Bittencourt, M. P. Felicissimo, J.J.Pireaux, L, Hossiau, *Study of annatto from Bixa orellana seeds: an application of time-of-flight secondary ion mass spectrometry*; Facultès Universitaires Notre Dame de la Paix, University of Namur Belgium article vol.17 n°2 (2005)
- A. V. Pereira, S. R. T Barreira, N. M. B. Filho, A. R. Azevedo, M. V. Assunção, J. M. Gadelha Filho, M. A. C. S. Morais, *Teor de Bixina em extratos de óleos vegetais*; Associação Brasileira de Química - Seção Regional do Rio Grande do Norte (ABQ-RN) Av. Senador Salgado filho, 3000 Campus Universitário - Lagoa Nova - Lagoa Nova NATAL - RN – Brasil
- First draft J. Smith, Ph.D. Reviewed by Mrs. Harriet Wallin; Annatto extracts Chemical and Technical Assessment [ftp://ftp.fao.org/ag/agn/jecfa/cta\\_annatto.pdf](ftp://ftp.fao.org/ag/agn/jecfa/cta_annatto.pdf)
- R.W. Alves, Extração de corantes de urucum por processos adstortivos utilizando argilas comerciais e coloidal gas aphrons; Engenharia Química do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina Florianopolis
- J. S. De Oliveira, Extraction of bixin from annatto seeds using supercritical carbon dioxide; Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Departamento De Engenharia Química e Engenharia De Alimentos
- F. Bouvier, O. Dogbo, B. Camara; *Biosynthesis of the Food and Cosmetic Plant Pigment Bixin (Annatto)*. Science 27 June 2003 Vol. 300 N.5628 pp.2089-91
- Departamento de Química e Bioquímica Universidade de Lisboa; Corantes naturais para textéis- da antiguidade aos tempos modernos. Departamento química bioquímica - Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa  
<http://www.dqb.fc.ul.pt/docentes/earaujo/>
- B. Giuntoli, *I coloranti vegetali nella tintura delle stoffe La tradizione e le biotecnologie*. Facoltà di Agraria Università di Pisa
- S.A. Verissimo. *Extração, caracterização e aplicação corante de urucum (Bixa orellana L.) no tingimento de fibras naturais*; Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Brasile, Abril 2003
- F. Schmitt, A.A.U. Souza, S.M.A.G.U. Souza; Análise da fixação do corante de urucum na estampanaria de substratos de algodão. Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos Universidade Federal de Santa Catarina, Florianopolis/SC -VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica (2005)
- S.A. Verissimo, E.D. de Oliveira, R. Lachhumananandavisan, M.S. de Equino, M.E. de Oliveira Alexandre; Aproveitamento do corante natural (Bixa orellana) no tingimento de fibra celulósica. Trabalho apresentado no Simposio Brasileiro do Urucum, Paraíba, Brasil Abril 2006
- E.Tsatsaroni, M. Liakopoulou-kyriakides; Effect of enzymatic treatment on the dyeing of cotton and wool fibres with natural dyes (Enzymatic pretreatment) Faculty of Chemistry and Department of Chemical Engineering Aristotle University of Thessaloniki Greece (1995)



# TRA PASSATO E FUTURO

a cura di **Marco Ciardi** (marco.ciardi@unibo.it)

## L'antica sacralità di un cloruro

Maura **Andreoni**

andreotti.andreoni@inwind.it

Il sale (o se vogliamo, vista la sede, il cloruro di sodio) ha condizionato profondamente lo sviluppo delle società antiche e la sua centralità nella vita dell'uomo è largamente testimoniata nella mitologia, nelle religioni e nella letteratura.

Il suo utilizzo ha origini antichissime e già a partire da 12.000 anni fa, quando nacque l'agricoltura, modificò profondamente lo stile di vita dell'uomo, entrando a far parte della sua alimentazione dapprima solo come conservante e in seguito anche come sapore, introdotto, al pari delle spezie, nella preparazione e nella cottura dei cibi.

Veniva estratto in forma solida dai depositi di salgemma o ricavato attraverso la cristallizzazione dell'acqua di mare mediante bollitura, pratica già adottata dalle popolazioni che abitavano lungo le coste europee in età protostorica.

A parte un miracolo biblico (Es. XV, 22-24) e alcune frasi di incerta interpretazione di Aristotele (Arist. *Mete.* II c III) che sembrano accennare alla dissalazione di acque salmastre o marine, tra le fonti antiche è Plinio colui che descrive chiaramente alcuni metodi messi a punto per recuperare acqua dolce, e conseguentemente sale, dall'acqua di mare, per esempio facendola condensare su legna ardente, meglio se di quercia (Plin. *Nat Hist.* XXXI).

L'autore, perfettamente consapevole dell'importanza del sale per la vita, dedica buona parte della sua trattazione alla saline, ai tipi di sale e alle sue proprietà, ricordando anche che è “*sostanza talmente necessaria, che l'accezione del vocabolo è passata perfino a designare i piaceri intellettuali*”: *sales* sono infatti gli scherzi, le battute, le burle che rendono piccante e frizzante la vita e non è casuale nemmeno la relazione con la radice di *salus* (salute) e *saluber* (salubre, sano, salutare).

Con il passare del tempo comparvero metodi di produzione più intensivi attraverso la creazione di grandi vasche artificiali ad evaporazione solare. In età romana, saline molto produttive erano quelle di Taranto, dove si produceva il sale più apprezzato e puro (ironia della sorte...), Cervia, probabilmente già attive in età etrusca, Ostia e il *Campus salinarum Romanorum*, anch'esso di impianto etrusco, situato presso l'attuale zona di Fiumicino, e di cui gli scavi archeologici hanno riportato alla luce canalizzazioni, vasche e infrastrutture.

I Romani fecero della produzione del sale una vera e propria industria di cui, pur con alterne vicende, dettennero il monopolio per secoli a partire addirittura dal VI sec. a.C. (Liv. II, 9. 6).

Nelle saline, così come nelle altre miniere dell'Impero, erano mandati a lavorare i condannati ai lavori forzati. La *damnatio ad salinas* che, come altri simili campi di lavoro forzato, teneva conto di specifiche realtà ed esigenze locali, era però meno temuta della *damnatio ad metalla*, pena terribile, leggermente inferiore soltanto alla *damnatio ad bestias*.

A Roma, la produzione del sale era strettamente legata a quella delle conserve di pesce e della produzione del *garum*, la salsa liquida a base di interiora di pesce e pesce salato, che i Romani aggiungevano come condimento a moltissimi piatti.

Era elemento talmente prezioso che lo si recuperava perfino mediante la ribollitura delle vecchie salamoie: tra i sali riciclati, quello migliore era quello recuperato dalle menole, pesci poco pregiati che venivano utilizzati anche in contesti cerimoniali in onore della dea Tacita Muta (Ov. *Fast.* II, 571-582).

Nota a tutti poi è la *Via Salaria*, una delle più antiche strade consolari romane, che proprio dal sale prendeva il nome perché la sua funzione originaria era quella di agevolare il trasporto del prodotto alle zone più interne della penisola. Da Roma arrivava a *Castrum Truentinum* (Porto d'Ascoli) sulla costa adriatica, da dove gli antichi itinerari la facevano proseguire per Giulianova, Atri, Pescara e da qui nell'entroterra.

Il *salarium* invece (neutro sostantivato dall'aggettivo *salaris* = proprio del sale) era in origine la razione di sale, poi l'indennità per l'acquisto del sale e di altri generi alimentari concessa ai funzionari della magistratura e dell'esercito e quindi, nella Roma imperiale, lo stipendio, la retribuzione, accezione in uso ancora ai nostri giorni.

Anche l'uso terapeutico del sale marino, del salgemma e del sale estratto dalla spugna marina abbrustolita e polverizzata (*spongia usta*) era ben noto agli antichi, che avevano rilevato come l'ingestione di sale e cibi salati avesse un grande effetto sulle funzioni basilari del corpo quali la digestione e l'escrezione e quindi sul sistema umorale che si credeva agisse sullo stato

di benessere o malattia del corpo stesso. I grandi medici dell'antichità, da Asclepio a Ippocrate, Celso, Dioscoride, Galeno ecc. ne fecero largo uso per curare vari tipi di mali e infezioni. Tuttavia, essendo molto aggressivo, spesso se ne raccomandava l'utilizzo non puro, ma mischiato ad altre sostanze come l'origano, il miele, il latte, l'uva passa, i semi di lino, la farina, il sego di bue e l'issopo.

Per le sue proprietà, fin dai tempi più antichi al sale era riconosciuto anche un efficace carattere simbolicamente punitivo (veniva sparso sulle rovine delle città nemiche rase al suolo per invocare la futura sterilità della zona), oltre che purificatorio e sacrale: già Omero lo definisce “*divino*” (Hom, *Il.* IX, 214), Platone “*particolarmente caro agli dei*” e Ovidio (*Ov. Fast.* I 377) ricorda che in origine i sacrifici erano incruenti e necessitavano solo di farro e di un granello di sale puro.

In seguito, ma sempre in epoca così arcaica almeno quanto l'istituzione del sacerdozio delle Vestali, attribuito addirittura a Numa Pompilio (VIII/VII sec. a.C.), nei sacrifici veniva utilizzato non più puro ma nella meticolosa preparazione della *muries*, un “*impasto di sale non depurato, foggato a mo' di palla e messo in un vaso d'argilla, coperto e sigillato con il gesso, e lasciato a cuocere a lungo nel forno: le vergini Vestali, dopo averlo tagliato con una sega di ferro e dopo averlo gettato in una giara posta nella dispensa esterna del tempio di Vesta, vi aggiungono acqua corrente attinta ad una fonte perenne, o comunque non proveniente dall'acquedotto, e quindi adoperano la salamoia che nei risulta nei sacrifici*” (Paul. *Fest.* 152 L).

La salamoia di cui parla Paolo Diacono nel passo sopra riportato è parte integrante della cosiddetta *mola salsa*, mistura di farina di farro, acqua e sale appunto (da *molare* = macinare e *salsus* = salato), di cui venivano cosparse le vittime sacrificali. Per evitare ogni tipo di contaminazione, oltre al sale non depurato e purificato attraverso la manipolazione sacra e la cottura, le sacerdotesse adoperavano spighe di farro mietute ai primi di maggio, nel periodo ancora molto lontano da quello in cui aveva inizio la mietitura vera e propria del cereale (Ser. *Aen.* VII 82). Era un raccolto di primizie dedicato esclusivamente agli dèi e non ancora contaminato dall'uso profano che poi ne avrebbe fatto l'uomo.

Allo stesso modo, l'acqua non doveva provenire dall'acquedotto, opera umana, ma da fonte perenne e per di più doveva essere raccolta in un particolare tipo di anfora cultuale, la cui parte inferiore terminava in una punta da piantare nel terreno, senza essere propriamente poggiata al suolo (Serv. *Aen.* XI 339).

Insieme al *panis farreus*, il pane di farro, la *mola salsa* era presente anche nel cerimoniale della *confarreatio*, il rito con il quale si celebrava il matrimonio, e con essa si aspergeva il capo della pecora che veniva sacrificata per

l'occasione (Serv. *Aen.*, IV, 374).

La sacralità del sale continuò anche in contesto biblico. Sia nel Vecchio che nel Nuovo Testamento era simbolo di punizione (per aver contravvenuto all'ordine di non voltarsi a guardare la distruzione di Sodoma, la moglie di Lot, nipote di Abramo, fu tramutata in una statua di sale – Gen. 19. 24-26), ma soprattutto di saggezza, incorruttibilità, eternità, alleanza tra Dio e uomo (Es. 30.35; Gbb. 6.6; Mt. 5.13; Mc. 9.49-50, Col. 4.6. ecc.) e, ancora fino a pochi decenni fa, qualche grano di sale veniva messo sulla lingua del battezzando affinché il *sal sapientiae* lo accompagnasse nella *navigatio vitae* (pratica, ora in disuso, sulla falsa riga di un rito romano pagano di purificazione).

Alla luce di tutto questo, è ovvio che il sale entrò ben presto anche nell'arte divinatoria, più propriamente nell'alomanzia, vocabolo derivato dal greco ἄλς (sale) e μαντεία (divinazione) attraverso il latino medievale *halomantia*. La divinazione si praticava in diversi modi: spargendo il sale su una superficie piana e interpretando le forme che esso prendeva, gettandolo nel fuoco (pratica adottata anche quando si sentiva il canto degli uccelli del malaugurio, in alternativa alla loro “inchiodatura”, quando erano ancora vivi, sulle porte di casa), oppure interpretando eventi fortuiti come il sale dimenticato, la saliera rovesciata o l'addormentamento di un commensale prima che il sale fosse stato tolto dalla tavola. Certamente dall'alomanzia ha avuto origine la superstizione secondo la quale rovesciare il sale porterebbe sfortuna.

Nel corso dei secoli, l'“oro bianco” dell'antichità continuò a creare scambi (i pani di sale sono stati tra le prime forme di baratto e in molte civiltà antiche gli schiavi venivano barattati con blocchi di sale) e produrre tasse. E naturalmente provocò anche molte guerre sia per il possesso dei suoi giacimenti (già Tacito, nel II sec. d.C., riferisce di una guerra avvenuta nel 58 d.C. per il sale di Werra, in Turingia, tra due tribù germaniche, Tac. *Ann.* XIII, 57), sia contro le tasse troppo alte imposte dai vari monopoli che via via si sono succeduti nella storia (nella sola Antichità, oltre a quello romano si ebbero monopoli già in Egitto, a Bisanzio, in Siria e forse ad Atene).

Alle tante guerre che si sono combattute da sempre per un mercato così redditizio, solo una fu l'alternativa non violenta: la Marcia del Sale ad opera di Gandhi nel 1930/31, oltre 200 miglia a piedi per rivendicare simbolicamente il possesso di questa risorsa al popolo indiano, di fronte al monopolio imperiale britannico.

“In Italia [...] l'imposta sul sale venne abolita nel 1975 e con essa il regime monopolistico, che, da tempo, aveva perso il carattere fiscale assumendo piuttosto il significato di impegno dello stato a fornire capillarmente e a basso prezzo un bene di consumo primario” (A.A.M.S., Agenzia Autonoma Monopoli di Stato).

### Riferimenti Bibliografici

- A.A.V.V., 2009. *The Lagoon of Maccarese (Rome-Fiumicino): environmental and archaeological developments over the last 3000 years*, poster presentato al convegno “Wetlands as archives of the cultural landscapes: from research to management” (Genova, 29-30 gennaio 2009).
- A. BÄTZ, 2012. *Sacrae virgines. Studien zum religiösen und gesellschaftlichen Status der Vestalinnen*. Ferdinand Schöningh Verlag.
- A. ESCH, 2011. *Zwischen Antike und Mittelalter*, C.H. Beck Verlag, München.
- C. FAYER, 2005. *La “familia romana”: aspetti giuridici ed antiquari. Sponsalia, matrimonio, dote. Parte seconda*. L'Erma di Bretschneider, Roma.
- G. LUCK, 2006. *Il magico nella cultura antica*, Ugo Mursia Editore.
- C. NICOLET, 1977. *Rome et la conquête du monde méditerranéen 1: les structures de l'Italie romaine*, Presse Universitaire de France.
- G. PICCALUGA, 1974. *Aspetti e problemi della religione romana*, Sansoni Firenze.
- C. VILLA, 1995. *Le strade consolari di Roma: storia, itinerari, vicende secolari degli indistruttibili monumenti della potenza di Roma*, Newton & Compton.
- M. ZUFFA, 1982. *Scritti di archeologia*, L'Erma di Bretschneider, Roma.





# IL DIOSSIDO DI CARBONIO SUPERCRITICO

## Come rimettere in circolo le banconote deteriorate risolvendo l'impatto ambientale

Pasquale Fetto  
pasquale.fetto@didichim.org

### **Riassunto**

*Spesso le notizie che appaiono sul web e/o sui giornali e sulle riviste ci pongono di fronte a problemi che non ci saremmo mai posti. Questo è il caso della notizia, di seguito riportata, che mi ha dato lo spunto per comprendere le motivazioni (economiche, scientifiche e ambientali) che sono alla base di alcune ricerche.*

*Le notizie trascurano le implicazioni disciplinari o meglio interdisciplinari che sono alla base di ogni scoperta umana (spesso ritenute difficili da spiegare o di nessun interesse per il lettore).*

*Credo che sinteticamente e correttamente, senza ricorrere ai massimi sistemi, si possano dare delle informazioni che chiariscano ed eventualmente stimolino la curiosità di approfondimento del lettore.*

### **Abstract**

*Often the news that appear on the web and/or in newspapers and magazines put us in front of problems that we never considered. This is the case of the news below which gave me an opportunity to understand the basing reasons (scientific, environmental and economic) of some researches.*

*News often neglect the disciplinary or better interdisciplinary implications underliing each every human discovery (often considered difficult to be explained or of no interest to the reader).*

*I believe that succinctness and correctness, without resorting to the maximum, can give systems of information the chance o clarify subjects of not common concern and possibly to stimulate the curiosity of the reader.*

### **1. Introduzione**

Nel 2013 il dott. Nabil Lawandy<sup>1</sup> comunica alla rivista *Industrial and Engineering Chemistry Research*, di aver scoperto che un composto chimico è capace di ripulire le banconote. La notizia viene pubblicata sul web il 6 dicembre 2013:

---

1. Nabil Lawandy è professore pieno ordinario di Ingegneria e Fisica alla Brown University in Providence, Rhode Island.

- Nabil M. Lawandy and Andrei Y. Smuk, *Supercritical Fluid Cleaning of Banknotes*, Industrial & Engineering Chemistry Research, DOI: 10.1021/ie403307y (at Abstract) (paragraph split).<sup>2</sup>

L'8 gennaio 2014 il Servizio News dell'American Chemical Society diffonde il seguente comunicato stampa: *Laundering money — literally — could save billions of dollars.*

Il 4 aprile 2014 la notizia appare, a firma di Simone Porrovecchio, sul *Venerdì di Repubblica*, supplemento del quotidiano la Repubblica, nella sezione Scienze con il titolo: *Una lavatrice pulirà il denaro sporco.*

Queste notizie, se opportunamente divulgate, possono *spingere* i cittadini ad accorgersi dell'esistenza di problemi socio-economico e ambientali che la nostra società vive quotidianamente.

- *Quanti di noi si chiedono: “chi raccoglie, togliendole dalla circolazione, le banconote rotte, sporche e deteriorate,... e che fine fanno?”*

- *Qual'è l'impatto ambientale dovuto alla eventuale distruzione di banconote, che per rispondere ai requisiti estetici e di sicurezza, sono ricche di tinte magnetiche, striscie iridescenti, inchiostri cangianti, filigrane digitali e cifre di controllo?*

- *Qual'è l'incidenza economica per reimmettere sul mercato le banconote eliminate?*

Lo sforzo legato alla raccolta delle banconote vecchie, sporche e deteriorate è demandato ai cittadini che le consegneranno agli sportelli della propria banca centrale (sedi della Banca d'Italia).

La selezione e la distruzione delle banconote necessita di un ingente sforzo in termini economici.

La Banca Centrale Europea (BCE) fa presente che spenderà una cifra che supererà i 600 milioni di euro per ristampare le banconote eliminate.

La Banca Mondiale precisa che ogni anno vengono stampati intorno ai 150 miliardi di dollari, euro e yuan e che le banche centrali devono eliminare oltre al nuovo denaro anche circa 150 mila tonnellate di banconote “spazzatura” ogni anno.

Questi dati generali mettono in risalto che l'eliminazione delle banconote è un vero e proprio problema economico-ambientale.

La Banca Centrale Olandese (DNB) è stata la prima a testare la macchina di Lawandy con risultati entusiasmanti. Si è constatato che l'ingiallimento delle banconote è dovuto in massima parte dal sebo ossidato. È proprio la sostanza oleosa e cerosa, che il corpo produce per proteggere la pelle, la colpevole principale dell'elevata spesa del processo di pulitura.

---

2. <http://blog.brainiyak.com/?p=2993>

Il diossido di carbonio supercritico ( $\text{scCO}_2$ ) può essere efficacemente utilizzato per rimuovere il sebo e altri olii e contaminanti, tra cui colonie batteriche comuni, senza distruggere le caratteristiche di sicurezza, costose e sofisticate, che le banche centrali utilizzano per prevenire la contraffazione.

I tecnici della Federal Reserve Americana hanno constatato che non vi è alcuna differenza tra le banconote *lavate* e quelle nuove, inoltre, i dispositivi di sicurezza delle banconote non hanno subito alcuna alterazione.

Le banconote trattate riacquistano l'aspetto iniziale *ringiovanendo* di 15 anni. Lawandy prevede che la vita media di una banconota, stimata in 10 anni, possa raddoppiare.



**Banconote da lavare**

## **2. Il lavoro di ricerca indispensabile per avviare la pulizia delle banconote**

La pulizia deve avvenire senza danneggiare gli identificatori che rendono difficile la contraffazione. Per fare ciò dobbiamo:

- (1) **individuare gli inquinanti primari** che "sporcano" le banconote descrivendoli chimicamente;
- (2) determinare quali **molecole, o loro combinazione**, sono **in grado di rimuovere e attaccare** questi contaminanti;
- (3) **valutare quali temperature, pressioni e condizioni chimiche** potranno ottimizzare il processo di pulizia;
- (4) attivare il modo **economicamente più conveniente**.

Si è sperimentato che per ottenere una efficace pulizia con il  $\text{scCO}_2$  si deve operare alla temperatura di  $60\text{ }^\circ\text{C}$  e alla pressione di  $34,23\text{ atm.}$ ; è stato indicato per essere efficace nella pulizia che è opportuno operare con cinghie convenzionali di 100 banconote. Le misurazioni delle distribuzioni del punto di sporco su una selezionatrice di banconote, con una velocità di 10 banconote al secondo, hanno mostrato un cambiamento significativo nei livelli di sporco dopo la pulizia.

### 3. Seemingly mundane chemistry is interesting - What we learn in chemistry class is useful

#### Il diossido di carbonio supercritico - ( $\text{scCO}_2$ )

Il diossido di carbonio (anidride carbonica) alla temperatura e pressione standard (STP) si comporta come un **gas**; passa allo stato **solido** (ghiaccio secco) in seguito al congelamento, sublima a  $-78\text{ }^\circ\text{C}$ ; se la temperatura e la pressione sono entrambe pari o superiori al punto critico le sue proprietà sono a metà strada tra lo stato gassoso e lo stato liquido assumendo l'aspetto **fluidico**.

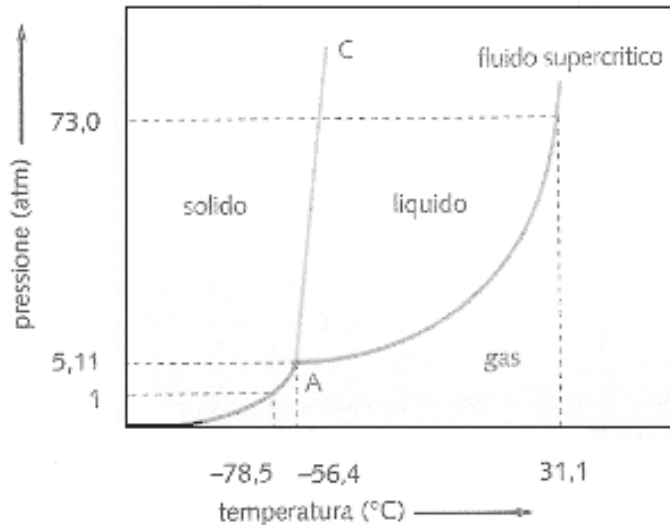


Diagramma di fase del diossido di carbonio (gli assi non sono in scala) [1]

**Proprietà chimico-fisiche di CO<sub>2</sub>**

Densità (Kg . m <sup>-3</sup> , in STP)	1,98
Solubilità in acqua	1,45 g/l a 293 K
Temperatura di fusione	194,7 K (-78,5 °C)
Temperatura di ebollizione	216,59 K (-56,56 °C)
Punto triplo	216,5 K (-56,6 °C); 5,18 × 10 <sup>5</sup> Pa;
Punto critico	304 K (31 °C); 7,38 × 10 <sup>6</sup> Pa
Tensione di vapore (Pa) a 293 K	5,73 × 10 <sup>6</sup>

**Proprietà critiche di alcuni solventi. [2]**

Solvente	Peso molecolare	Temperatura critica	Pressione critica	Densità critica
	g/mol	K	MPa (atm)	g/cm <sup>3</sup>
Anidride carbonica (CO <sub>2</sub> )	44,01	304,1	7,38 (72,8)	0,469
Acqua (H <sub>2</sub> O)	18,02	647,096	22,064 (217,755)	0,322
Metano (CH <sub>4</sub> )	16,04	190,4	4,60 (45,4)	0,162
Etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	30,07	305,3	4,87 (48,1)	0,203
Propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	44,09	369,8	4,25 (41,9)	0,217
Etilene (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	28,05	282,4	5,04 (49,7)	0,215
Propilene (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )	42,08	364,9	4,60 (45,4)	0,232
Metanolo (CH <sub>3</sub> OH)	32,04	512,6	8,09 (79,8)	0,272
Etanolo (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	46,07	513,9	6,14 (60,6)	0,276
Acetone (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O)	58,08	508,1	4,70 (46,4)	0,278

Il diossido di carbonio in condizioni supercritiche ha la capacità di sciogliere e trattenere sostanze.

Le condizioni di supercriticità della CO<sub>2</sub> si realizzano quando viene utilizzata a 304,1 K e alla pressione superiore a 74 bar.

La capacità dei fluidi supercritici di sciogliere e trattenere sostanze sono ben noti da tempo e utilizzati per l'estrazione di sostanze da matrici come la caffeina del caffè, il luppolo e gli olii essenziali da prodotti vegetali.

Il vantaggio è quello di evitare l'utilizzo di solventi organici liquidi (esano) superando le problematiche legate alla tossicità dei solventi.

Il processo industriale di estrazione con questo metodo consiste nel tenere a contatto, in condizioni idonee e per un tempo sufficiente, il diossido di carbonio con la matrice delle sostanze da estrarre. Le sostanze estratte in miscela di CO<sub>2</sub> vengono rilasciate e recuperate modificando le condizioni di temperatura e pressione.

Il diossido di carbonio, che necessita durante il processo, è in quantità relativamente bassa quindi l'eccesso viene recuperato.

Il diossido di carbonio supercritico (scCO<sub>2</sub>) sta diventando un importante solvente commerciale ed industriale per il suo ruolo nella chimica estrattiva grazie alla sua bassa tossicità e al basso impatto ambientale.

La bassa temperatura a cui avviene il processo e la stabilità di CO<sub>2</sub> permettono che la maggior parte dei composti da estrarre subiscano pochi danni o denaturazione. Inoltre, la solubilità di molti composti estratti in CO<sub>2</sub> varia con la pressione permettendo estrazioni selettive.

## **Bibliografia**

- [1] Bargellini A., Chimica Società Ambiente, Carlo Signorelli Editore – Milano (2000)
- [2] Reid, R.C.; Prausnitz, J.M. and Poling, B.E, *The Properties of Gases and Liquids*, 4th Edition, McGraw-Hill, New York (1987).

## **Sitologia**

[http://it.wikipedia.org/wiki/Stato\\_supercritico](http://it.wikipedia.org/wiki/Stato_supercritico)

**Federchimica: come affronta il triennio 2014-2017**

Gli industriali chimici hanno confermato il Cav. Lav. Dott. Ing. Cesare Puccioni, attuale Presidente di Federchimica, anche per il triennio 2014-2017.

Sotto la guida di Puccioni, Federchimica, Federazione nazionale dell'industria chimica, articolata in 17 Associazioni di settore e 41 gruppi merceologici, ha registrato un incremento del numero delle imprese associate, che oggi sono circa 1370 per quasi 90.000 addetti.

Le imprese chimiche, nonostante la grave crisi che le ha pesantemente condizionate, si dimostrano ancora vitali. Negli ultimi tre anni, pur soffrendo la precarietà dei settori utilizzatori, il comparto ha mostrato maggiore solidità finanziaria: le sofferenze bancarie colpiscono solo il 5% delle imprese contro una media del 15% del manifatturiero in Italia. Le esportazioni crescono più della media, in particolare quelle della chimica fine e delle specialità, cuore dell'industria chimica italiana (+19% nel triennio).

Il difficile contesto non ha determinato flessioni nelle performance di sostenibilità delle imprese di Federchimica, che mantengono livelli di eccellenza: il settore ha migliorato la propria efficienza energetica del 45% e ridotto i consumi di energia quasi del 37% dal 1990 ad oggi. Grazie all'ottimizzazione dei processi produttivi e al miglioramento delle tecnologie utilizzate, le industrie chimiche in Italia hanno ridotto le emissioni in aria del 95% e in acqua del 65% negli ultimi 20 anni.

Inoltre, secondo i dati INAIL, la chimica è il settore manifatturiero più sicuro, insieme all'industria petrolifera (10,6 infortuni per un milione di ore lavorate), e detiene il primato assoluto nel conteggio delle malattie professionali: solo 0,22 su un milione di ore, cioè, una malattia professionale ogni quattro milioni e mezzo di ore di lavoro.

**Le nanotecnologie spiegate ai più piccoli**

Nel 1959, Richard Feynman, uno dei fisici più importanti del 20° secolo, sfidò i suoi giovani collaboratori con una serie di domande: “Perché non possiamo scrivere tutti i 24 volumi dell’Enciclopedia Britannica sulla punta di uno spillo?”, e “Cosa succederebbe se potessimo organizzare gli atomi uno per uno nei modi che vogliamo?” e ancora “Come sarebbe bello se potessimo vedere ogni atomo distintamente?”.

Con la ricerca sulle nanotecnologie a partire dagli anni '80 gli scienziati hanno potuto cogliere questa sfida. Oggi con la rivoluzione dei nanomateriali, non solo abbiamo risposto alle sfide di Feynman, ma abbiamo di gran lunga superato la sua immaginazione.

Nanomateriali e nanoparticelle hanno trovato posto in tantissimi campi della scienza: medicina, fisica, ingegneria chimica, informatica e elettronica, e da lì nella nostra vita di tutti i giorni.

La divulgazione e l'insegnamento dei principi delle nanoscienze, dei rischi correlati, dei benefici e delle implicazioni sociali è essenziale per un corretto sviluppo di questo nuovo campo di ricerca.

Richard Feynman ha rivolto la sua ultima sfida ad insegnanti ed educatori per far sì che i ragazzi si appassionino a questa materia, ed è solo di recente che gli insegnanti ed i ricercatori hanno realizzato l'importanza e il potenziale rappresentato dall'insegnamento delle nanotecnologie nelle scuole.

Dalla metà degli anni 2000 specialmente a seguito dell'"Action Plan for nanosciences and nanotechnologies" (2005-2009) della Commissione europea, si sono attivati numerosi progetti per la divulgazione delle nanotecnologie presso il pubblico dei più piccoli che hanno prodotto, tra le altre cose, materiali di studio, corsi per insegnanti, e coinvolgimento delle istituzioni scolastiche.

Scientix, la comunità per l'insegnamento della scienza in Europa sostenuta dal VII Programma Quadro per la Ricerca e lo Sviluppo dell'Unione Europea propone una panoramica su questi progetti e i loro risultati: risorse, dimostrazioni, esperimenti, ricerche, materiali ed eventi.

Scientix, vuole mettere a disposizione di tutti le informazioni sulle nanotecnologie colte da diversi punti di vista, che tu sia un insegnante, un genitore, un comunicatore della scienza, un ricercatore o un manager...

Per saperne di più <http://www.scientix.eu/web/guest>

### **Scoperto il più pesante elemento chimico**

Non è facile verificare l'esistenza degli elementi chimici super pesanti: si ha a che fare con sostanze che solitamente hanno vita breve e, una volta ottenuto qualche atomo utile, bisogna aspettare che qualcun altro riproduca il risultato e confermi la scoperta. Ciononostante, gli scienziati del GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research sono riusciti a creare il nuovo, 117<sup>esimo</sup> elemento della tavola periodica: si tratta dell'atomo più pesante mai osservato finora, quasi il 40% più pesante di un atomo di piombo.



Solitamente, gli elementi chimici con numero atomico (ossia il numero di protoni contenuti nel nucleo) superiore a 104 prendono il nome di elementi superpesanti. Questi elementi non si trovano in natura, ma vengono prodotti accelerando fasci di nuclei e facendoli collidere con altri nuclei, il più pesanti possibili: quando i due nuclei si fondono, evento abbastanza raro, viene prodotto un elemento superpesante, che, solitamente, ha vita molto breve.

Nello studio, pubblicato su *Physical Review Letters*, il team di ricercatori spiega come i nuovi dati ottenuti abbiano richiesto la sintesi di un particolare bersaglio di berkelio, fondamentale per ottenere l'elemento 117. Per questo sono stati necessari intensi irraggiamenti di neutroni, seguiti da separazioni chimiche e purificazioni, fino ad ottenere 13 mg dell'isotopo 249 del berkelio. Dopo la collisione, infine, gli scienziati sono riusciti a separare alcuni atomi del nuovo elemento da un gran numero di altri prodotti delle reazioni nucleari ottenuti.

“Gli esperimenti sull'elemento 117 sono un passo importante nella produzione e osservazione di elementi superpesanti,” ha commentato Horst Stöcker, direttore scientifico del GSI, “Questo è un risultato scientifico molto importante e un esempio convincente di collaborazione internazionale nella scienza, facendo avanzare la ricerca sugli elementi scientifici tramite l'utilizzo di laboratori in Germania e negli Stati Uniti.”

Il nuovo elemento ancora non ha un nome: un comitato che comprende membri dell'International Union of Pure and Applied Physics and Chemistry studierà i nuovi risultati e deciderà se sono necessari altri esperimenti per accertare ulteriormente l'esistenza dell'elemento. Solo dopo l'approvazione del comitato sarà possibile, per i ricercatori che hanno effettuato la scoperta, proporre dei nomi.

### **Green Week: Energ-Ice di Federchimica tra i migliori progetti UE**

In occasione della Green Week 2014, la conferenza annuale dedicata alla politica ambientale europea, che si è svolta a Bruxelles dal 3 al 5 giugno, il progetto Energ-ICE, completato nel marzo dell'anno scorso, è stato selezionato come uno dei sei progetti “Best of the Best” per le categorie LIFE Environment e Information 2013.

Il progetto, di cui Federchimica è partner, punta a ridurre l'impatto ambientale di frigoriferi, congelatori ed altre macchine del freddo energivore.

EnergIce è coordinato dalla struttura italiana di Dow Polyurethanes R&D, in partnership con due società del Gruppo Cannon (Afros e Crios), Federchi-

mica e co-finanziato dalla Comunità Europea con 1,3 milioni di euro nell'ambito del programma ambientale LIFE della UE.

In particolare, EnergIce sfrutta una innovativa tecnologia di schiumatura di poliuretani per l'isolamento degli elettrodomestici del freddo, utilizzando ciclopentano come agente espandente. “Questa tecnologia offre fino al 10% di risparmio energetico rispetto agli apparecchi best-in-class disponibili oggi di tipo A+/A++, con un processo più sostenibile, offrendo una riduzione di emissioni di anidride carbonica del 10%, come certificato dalla metodologia Life Cycle Assessment (LCA)” commenta Vanni Parenti, responsabile del progetto.

Energ-ICE è stato riconosciuto come uno dei 25 migliori progetti nell'ambito della sezione ‘LIFE Environment’ sugli 85 completati e valutati nel 2013. Si è anche distinto come uno dei sei migliori progetti nella sezione ‘LIFE Information’ sui 21 ultimati ed esaminati nel 2013. E' stato così selezionato dagli Stati Membri tra i 6 progetti “Best of the Best” per tutte le categorie.

### **I fertilizzanti si impegnano contro i cambiamenti climatici**

“Riduzione delle emissioni di gas serra e cambiamenti climatici sono due dei temi oggi sempre più presenti nell'agenda del nostro settore; per questo, per essere più competitivi e ragionare, allo stesso tempo, in un'ottica di innovazione e sicurezza, dobbiamo sforzarci di operare con i più alti standard a favore della sostenibilità ambientale”. È quanto tiene a evidenziare Francesco Caterini, Presidente di Assofertilizzanti – Associazione nazionale produttori di fertilizzanti che fa parte di Federchimica – in occasione della Giornata mondiale dell'Ambiente 2014, che quest'anno pone grande attenzione al tema dei cambiamenti climatici.

Proprio in quest'ottica s'inserisce il Cool Farm Tool (CFT), uno strumento promosso in Europa da Fertilizers Europe e in Italia da Assofertilizzanti-Federchimica, che mira a supportare gli agricoltori nella misurazione della cosiddetta Carbon Foot Print, l'indicatore ambientale che rileva l'impatto delle attività umane e, in questo specifico caso, delle coltivazioni agricole e degli allevamenti zootecnici sul clima globale.

Attraverso un rapido calcolo basato su una piattaforma online risulta molto più facile individuare, ove necessario, strategie concrete per la mitigazione dei cambiamenti climatici causati dalla eccessiva presenza di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) in atmosfera, integrandosi di conseguenza negli obiettivi prefissati dal protocollo di Goteborg.

“Assofertilizzanti, non soltanto crede fortemente nella capacità del progetto di contribuire in maniera determinante alla riduzione delle emissioni di gas serra provenienti dalle coltivazioni agricole e dagli allevamenti zootecnici – ha dichiarato Francesco Caterini, Presidente di Assofertilizzanti-

ma mira anche a coinvolgere direttamente le aziende associate nel progetto, in un percorso volto al raggiungimento di una sempre maggiore sostenibilità ambientale”.



## **Notizie Flash**

### **Contro la scuola “No Sav”**

Maestro elementare, Franco Lorenzoni è tra i fondatori della Casa-laboratorio di Cenci, ad Amelia (Terni), un centro di ricerca e sperimentazione educativa e artistica. Ha pubblicato diversi libri, ad esempio sulla relazione tra tempo e gioco e sull'educazione interculturale. In una video-intervista dal titolo “I sette punti per una scuola nuova” Franco Lorenzoni ragiona di molte cose: di inclusione di bambini con disabilità, di invasi, di gruppi di studio con bambini di età differenti e di ripensamento degli spazi/classe. La proposta più importante resta probabilmente quella che Lorenzoni chiama la nascita del movimento No Sav, contro la scuola ad alta velocità: l'apprendimento profondo e il pensiero critico nascono solo andando a fondo nelle cose, ma per farlo occorrono lentezza, creatività e capacità di rifiutare programmi ripetitivi.

**L.Campanella**

### **Riciclamo l'Alluminio**

Quando si pensa alla raccolta dell'alluminio la mente corre subito alle lattine: moltissime sono infatti le bevande (gassate, infusi o alcoliche) contenute nel pratico formato da 33 cl, tant'è vero che sui contenitori della raccolta differenziata si vede spesso la scritta “lattine”, magari associata ad altri materiali (vetro o plastica, di solito). Ma l'alluminio è un materiale molto duttile ed è utilizzato per produrre molti altri oggetti: scatolette e vaschette per il cibo, bombolette aerosol, tubetti, tappi e chiusure, ed anche il foglio sottile (la famosa carta stagnola o foglio d'alluminio).

L'impegno del Consorzio Nazionale per il Recupero e il Riciclo degli Imballaggi in Alluminio consiste nel promuovere la raccolta differenziata dell'alluminio attraverso le proprie attività per far capire quanto sia importante riciclare l'alluminio, anche per produrre altri oggetti (come la famosa Ricicletta, la bicicletta composta da 800 lattine riciclate, che giustifica la scelta come testimonial di Vincenzo Nibali), evidenziando il possibile riciclo totale di questo materiale.

L'attenzione ai giovani vede CIAL impegnata anche con “Obiettivo Alluminio 2014 – Movie Experience”, concorso-borsa di studio che coinvolge tutte le 5.000 scuole superiori italiane sui temi della raccolta differenziata e del riciclo degli imballaggi in alluminio, giunto alla VII edizione in collaborazione con Giffoni Film Festival e con il patrocinio del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Gli studenti di tutte le 5.000 scuole superiori italiane si metteranno alla prova come giovani videomaker, realizzando filmati (di ogni formato e tipo) sul mondo dell'alluminio che li circonda, potendo scegliere per questo non soltanto il

linguaggio giornalistico, ma anche cinematografico o musicale: sarà cioè ammessa ogni forma di espressione.

**L. Campanella**

### **Giornate Pan-Europee dell'educazione ambientale**

A Genova il 19 giugno per preparare l'incontro nazionale del 24 settembre e le Giornate europee del 25 e 26 settembre

Si tiene a Genova il 19 giugno il quinto incontro nazionale della rete italiana di educazione ambientale, nata sull'onda del Settimo congresso mondiale svoltosi a Marrakech giusto un anno fa. I precedenti incontri si sono tenuti a Milano, Bologna, Roma e Venezia-Mestre.

All'ordine del giorno dell'incontro genovese, l'individuazione dei temi del meeting nazionale convocato a Bergamo per il prossimo 24 settembre e la partecipazione italiana alle seconde Giornate Pan-Europee dell'educazione ambientale, che si svolgeranno sempre a Bergamo il 25 e 26 settembre.

Tutto il programma dell'incontro di Genova e i materiali degli incontri precedenti sono sul sito della rete Italia , mentre le informazioni per partecipare alle giornate di Bergamo sono sul sito internazionale [www.europe.environmental-education.org](http://www.europe.environmental-education.org)

**L. Campanella**

### **Professionisti dei beni culturali**

E' stata approvata anche al Senato la modifica al codice dei beni culturali e del paesaggio in materia di professionisti dei beni culturali, e l'istituzione di elenchi nazionali dei professionisti dei beni culturali.

Sono ora riconosciute le competenze professionali, per interventi di protezione e conservazione dei beni culturali, "di archeologi, archivisti, bibliotecari, demotnoantropologi, antropologi fisici, restauratori di beni culturali e collaboratori restauratori di beni culturali, esperti di diagnostica e di scienze e tecnologia applicate ai beni culturali e storici dell'arte, in possesso di adeguata formazione ed esperienza professionale".

Sono quindi istituiti gli elenchi nazionali dei professionisti competenti. Verranno successivamente comunicate "le modalità e i requisiti per l'iscrizione dei professionisti negli elenchi nazionali". Tali elenchi non costituiscono albo professionale e "l'assenza dei professionisti dai medesimi elenchi non preclude in alcun modo la possibilità di esercitare la professione".

**L. Campanella**

## Svegliamoci con un buon caffè

Questa frase, purtroppo, rappresenta la “*certezza*” nata da un luogo comune.

La caffeina è un alcaloide naturale presente in molte piante e nelle bevande preparate con l'estratto dalle matrici. La caffeina, presente nelle foglie, nei semi e nei frutti della pianta, agisce come insetticida naturale, paralizzante con effetto tossico per insetti e artropodi che le mangiano.

Un recente studio condotto da psicologi dell'Università di Bristol ha dimostrato che la caffeina, nei consumatori abituali, non rende più lucidi ma accelera il metabolismo. Quindi gli effetti positivi che porterebbero ad una capacità di concentrazione maggiore vengono neutralizzati da un aumento di nervosismo.

Altri studi condotti, su un rilevante numero di donne in gravidanza, hanno dimostrato che l'assunzione di bevande contenenti caffeina fa sì che i bambini pesano meno al momento della nascita.

L'Europa ha stabilito in 150 mg/L la quantità di caffeina contenuta nelle bevande, al di sopra della quale le confezioni devono portare l'etichetta su cui deve essere visibile la frase: “*Alto contenuto di caffeina, non consigliato l'uso per bambini e donne incinte*”. La normativa entra in vigore dal dicembre 2014.

Nella tabella sono riportati i valori in alcuni prodotti in commercio\*.

<b>Prodotto</b>	<b>Contenuto di caffeina</b>
1 tazza di espresso	80 mg
1 tazza di caffè solubile	57 mg
1 lattina di Coca-Cola (330 mL)	35 mg
1 tazza di tè	60 mg (variabile a seconda del tè)
1 lattina di energy drink (Red Bull o Burn) (250 mL)	80 mg

\* le quantità variano in base alla varietà specifica dell'alimento e alle modalità di consumo

**P. Fetto**









AREE SCIENTIFICO–DISCIPLINARI

AREA 01 – Scienze matematiche e informatiche

AREA 02 – Scienze fisiche

AREA 03 – **Scienze chimiche**

AREA 04 – Scienze della terra

AREA 05 – Scienze biologiche

AREA 06 – Scienze mediche

AREA 07 – Scienze agrarie e veterinarie

AREA 08 – Ingegneria civile e architettura

AREA 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione

AREA 10 – Scienze dell'antichità, filologico–letterarie e storico–artistiche

AREA 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche

AREA 12 – Scienze giuridiche

AREA 13 – Scienze economiche e statistiche

AREA 14 – Scienze politiche e sociali

*Il catalogo delle pubblicazioni di Aracne editrice è su*

[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)

Compilato il 1 settembre 2014, ore 06:58  
con il sistema tipografico  $\text{\LaTeX}$  2 $\epsilon$

Finito di stampare nel mese di settembre del 2014  
dalla «ERMES. Servizi Editoriali Integrati S.r.l.»  
00040 Ariccia (RM) – via Quarto Negroni, 15  
per conto della «Aracne editrice S.r.l.» di Roma