

## Un viaggio al Forum Vulcani: la Solfatara di Pozzuoli

I Campi Flegrei sono una zona molto particolare: essi costituiscono un “campo vulcanico”, un insieme di vulcani collegati ad un’unica camera magmatica. La loro struttura geologica, gli interessanti aspetti vegetazionali (macchia mediterranea), una nutrita serie di emergenze archeologiche di epoca greca e romana, fanno dell’area un potente strumento didattico poiché consentono di affrontare lo studio dell’ambiente utilizzando il contributo di diverse discipline come geologia, botanica, storia, archeologia. Nell’ambito dei vulcani flegrei la Solfatara mostra aspetti ancora più interessanti: la presenza di un’evidente attività post-vulcanica e di microrganismi adattati a vivere in un ambiente estremo, unita alle leggende e ai miti che da sempre circondano il vulcano, e che sin dall’antichità hanno ispirato scrittori e poeti, ne fanno un posto ideale per la realizzazione di un percorso di studio interdisciplinare.

### 1. Il sito

La Solfatara sorge nelle immediate vicinanze della città di Pozzuoli. L’edificio vulcanico ha avuto origine circa 4000 anni fa e appartiene a quel ciclo recente d’attività eruttiva flegrea detto dei vulcani “monogenici”, formatisi cioè in un unico evento eruttivo, o comunque in episodi racchiusi in un tempo breve, e non più alimentati dal magma.

Il cono piroclastico della Solfatara è il più giovane dei vulcani d’Agnano e di poco precedente la nascita degli Astroni, altri due vulcani dell’area flegrea. Esso è costituito da rocce piroclastiche a tratti ricoperte dai prodotti incoerenti della successiva eruzione di Astroni. Dopo la formazione dell’edificio vulcanico, le rocce della Solfatara sono state alterate da fenomeni idrotermali, assumendo carattere litoide e pigmentazioni policrome.

Il cratere della Solfatara, un “tuff ring”, cioè un anello di tufo originatosi in

seguito ad un’eruzione idromagmatica di notevole energia, ha la forma di un’ellissi di dimensioni 770 x 580 m e nel suo punto più alto raggiunge 181 m sul livello del mare. Il fondo si presenta cosparso di numerose fumarole che, durante la crisi bradisismica del 1982, si sono aperte sempre più numerose sia lungo i bordi interni del cratere, sia lungo la parte esterna, in località Pisciarelli. I vapori emessi dalla Solfatara contengono vapore acqueo mescolato con un’esigua quantità di anidride carbonica e di idrogeno solforato ( $H_2S$ ) ad elevata temperatura (130 – 165 °C). L’idrogeno solforato contenuto nei vapori è ossidato dall’ossigeno dell’aria ad acido solforico, formando come prodotto intermedio zolfo libero che si deposita tutt’intorno ai fori di fuoriuscita dei vapori in forma di cristalli di colore giallo. La temperatura massima dei gas che fuoriescono dalla bocca principale del vulcano, detta Bocca Grande, oscilla intorno ai 160°.



Figura 1 - Il cratere della Solfatara  
(foto di Mario Del Noce)

Il terreno, di un bianco caratteristico, è prevalentemente siliceo ed è sede di notevoli alterazioni chimiche per effetto delle emanazioni gassose e dell’ossidazione atmosferica; esso, inoltre, ad una profondità fra i 10 e i 14 metri, poggia su uno strato roccioso di tipo trachitico di tale durezza che riesce difficile perforarlo con i mezzi ordinari.

### 2. L’attività idrotermale

I vapori caldi della Solfatara durante il loro tragitto sotterraneo prima di venire a

giorno interagiscono con le rocce presenti nel sottosuolo, alterandole e arricchendosi di una serie di elementi, come l'arsenico, il mercurio, i composti ammoniacali, che successivamente, quando i vapori emergono dal terreno, per la caduta di temperatura e pressione, sublimano, cioè passano direttamente dalla fase gassosa a quella solida, formando un grande varietà di composti chimici che si depongono sotto forma di patine, croste e cristalli.

L'azione prolungata dei gas delle fumarole finisce per alterare completamente e velocemente anche la struttura compatta della roccia trachitica, facendole assumere un colore biancastro, da cui il nome di "bianchetto" dato a questo materiale.



Figura 2 - Una roccia della Solfatara ricoperta da minuti cristalli di realgar (foto di Mario Del Noce)

### Alcuni minerali della Solfatara

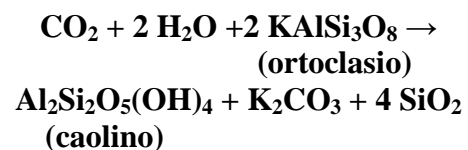
Minerale	Caratteristiche	Formula chimica
<b>Realgar</b>	Piccoli cristalli di colore rosso brillante. Per esposizione alla luce del sole si trasforma in <b>orpimento</b> (As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ), di colore giallo oro.	Solfuro di arsenico, AsS
<b>Cinabro</b>	Colore rosso violaceo	Solfuro di mercurio, HgS
<b>Allume bianco</b>	Colore bianco	Solfato doppio di alluminio e potassio, AlK(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>
<b>Allumina</b>	Colore bianco	Solfato acido di alluminio, Al(HSO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
<b>Antimonite</b>	Colore giallo-ocraceo	Solfuro d'antimonio, SbS <sub>3</sub>

### SCHEDA DI APPROFONDIMENTO

#### Un po' di chimica

Il "bianchetto" della Solfatara è costituito prevalentemente da caolino, un tipico *silicato di alterazione* derivato dai silicati originari sottoposti all'azione dell'acqua e dell'acido carbonico. La struttura aperta dei silicati consente infatti l'ingresso dell'acqua e dell'anidride carbonica all'interno del reticolo cristallino del minerale. L'acqua agisce sui cationi del primo gruppo, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>, asportandoli; l'anidride carbonica trasforma i cationi del secondo gruppo, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> e Be<sup>++</sup>, in bicarbonati solubili e quindi asportabili anch'essi dall'acqua.

Ulteriori trasformazioni consentono alle strutture siliciche così modificate di raggiungere uno stato di equilibrio: l'ortoclasio contenuto nella trachite, ad esempio, sempre per azione dell'acqua e dell'anidride carbonica, si trasforma in caolino secondo la reazione:



Grazie a questo processo una struttura compatta, quella dell'ortoclasio, si trasforma in una struttura a lamelle, facilmente sfaldabile, che caratterizza il caolino. Processi

di alterazioni analoghi interessano in misura più o meno maggiore anche tutti gli altri silicati della roccia madre. Oltre a questi processi di natura chimica, occorre infine considerare le azioni meccaniche, dovute agli sbalzi termici tra il giorno e la notte e nel corso dell'anno, processi che svolgono anch'essi un'importante azione di disgregazione della roccia madre.

#### SCHEDE DIDATTICHE

### Il nome del Vulcano

Quando la Solfatarina nacque, circa 4.000 anni fa, la colonizzazione greca delle coste campane non era ancora iniziata: non ci furono pertanto testimoni dell'avvenimento che potettero dare un nome al neonato vulcano. Probabilmente i primi ad attribuire un nome alla Solfatarina furono proprio i greci: essi la chiamarono **Monte Leucogeo**. Eccone il motivo: *“per monticelli essere bianchi e alluminosi”*, cioè a causa del bianchetto e dell'allume, due tipici prodotti della Solfatarina

Successivamente Strabone (66 a.C.), un geografo e storico greco, provvide a ribattezzare la Solfatarina definendola **“Forum Vulcani”**, ossia “piazza del dio Vulcano”, in altre parole la sua dimora, il mitico ingresso agli Inferi, l'anticamera dell'oltretomba. Dopo ancora Plinio definì l'intera zona **“Campagna Flegrea”** mentre altri famosi scrittori latini, come Petronio e Silio Italico, descrissero specificamente la Solfatarina.

Ecco come Petronio, nel *Satyricon*, descrive il vulcano: *“Giace immerso nel fondo di un'ardua voragine un luogo che sta in mezzo a Partenope e ai campi dell'alta Dicearchia, bagnato dal Cocito: il soffio che fuori ne spira infuria tutt'intorno e spande funesta una vampa”*. (120, versetto 65 e seguenti)

E' proprio in epoca romana che ebbe inizio l'attività di estrazione dello zolfo e, da allora, l'appellativo di *“sulphuraria”* cominciò ad essere sempre più comune per designare il vulcano. In epoca più recente il nome di **“solfatarina”** era destinato a diventare molto conosciuto: l'attività della Solfatarina di Pozzuoli è stata presa infatti dai vulcanologi a “modello” di quello che è forse la più tipica

delle manifestazioni di vulcanismo secondario: il fenomeno di solfatarina.

#### SCHEDE DI APPROFONDIMENTO

### Problemi aperti

#### - Un'eruzione o più eruzioni?

Si è trattato davvero di un'unica eruzione, avvenuta durante quello che i geologi hanno definito il III periodo di attività dei Campi Flegrei (4.500 – 3.500 anni fa) o piuttosto nella Solfatarina di Pozzuoli si sono verificate diverse eruzioni successive?

Il Parascandola elenca un'eruzione successiva a quella che costituisce la “data di nascita” del vulcano, che si sarebbe verificata nel 1198. Tale eruzione con ogni probabilità ebbe solo carattere freatico anche se, secondo alcuni, ad essa sarebbe dovuta la formazione di un ammasso di breccie trachitiche, grossissimi blocchi rocciosi che si ritrovano nei pressi del Monte Olibano, in località S. Gennaro. Ma questa eruzione si è realmente verificata? Essa non è stata infatti ancora storicamente accertata.

Altri documenti storici, come quelli di Giulio Cesare Capaccio, parlano di ulteriori eruzioni avvenute durante il Medio Evo (1448 e 1450). Un ultimo fatto strano sarebbe infine avvenuto tra la fine del XVIII e l'inizio del XIX secolo: un'esplosione di *“materie rosse”* – ce ne parla Giustiniani – che, sospinte dai venti, caddero fino a Napoli, dove le acque divennero *“talmente rosse, che per la novità pose tutta la popolazione in disturbo”*.

Tutto ciò contribuisce ulteriormente ad accrescere il senso di mistero di questo luogo magico dei Campi Flegrei. L'ipotesi più probabile è che le eruzioni che si sono verificate in epoca storica, come quella del 1198, siano stati in realtà eventi a bassissima energia, con scarsissima emissione di materiali piroclastici, che hanno avuto pertanto solo un minimo impatto sul territorio circostante, finendo con l'essere quasi dimenticati.

#### - Il “vulcano di fango”

Al centro del cratere si apre un crepaccio che ha le caratteristiche di un attivo

“vulcano di fango”, dal cui fondo si sprigiona sollevandosi a discreta altezza una colonna di vapore ad alta temperatura che, trasportata dai venti, va spesso ad urtare contro le pareti del versante orientale, rendendolo privo d’ogni specie di vegetazione.

In realtà l’uso del termine “vulcano di fango” per questo aspetto della Solfatara è improprio: i vulcani di fango costituiscono la seconda forma di vulcanismo della Terra e rientrano in quelli che erano precedentemente definiti fenomeni pseudovulcanici. Tali vulcani espellono di continuo o a intermittenza fluidi freddi e melmosi, spesso accompagnati da particelle solide e da gas (metano e anidride carbonica). La loro attività non è in relazione con la presenza di una camera magmatica in via di raffreddamento, come per il vulcanismo secondario, ma con processi di tipo sedimentario e può verificarsi nelle zone in cui sono presenti impilamenti di strati sedimentari recenti situati al di sopra di un sistema petrolifero. Grazie ad essi viene espulsa una parte dei fluidi presenti in profondità. Il metano che essi liberano è prodotto sia per degradazione batterica sia per decomposizione termica del materiale organico contenuto nelle rocce nelle quali si elabora il petrolio. Nulla di tutto questo è presente alla Solfatara.

Per un approfondimento sui vulcani di fango si veda: E. Deville e A. Prinzhofer, *Vulcani di Fango*, Le Scienze, settembre 2003.

### 3. Un ambiente difficile

La vegetazione della Solfatara ha gli aspetti tipici della macchia mediterranea, ma la distribuzione delle specie nel cratere è un esempio molto evidente dell’adattamento delle piante a condizioni ambientali del tutto particolari, sia per la temperatura del suolo, sia per le emanazioni gassose e la natura in alcuni punti estremamente acida del terreno.

Mentre tutto il lato occidentale del cratere del vulcano è ricoperto da una lussureggiante vegetazione arborea costituita in gran parte da querce, eucalipti, e da olivi, ai quali spesso si associano la ginestra scoparia

(*Cytisus scoparium*) e qualche cespuglio di graminacea, procedendo verso il lato orientale la copertura vegetale a poco a poco viene a mancare, cessando del tutto in prossimità della bocca principale e del vulcano di fango.



Figura 3 - Un esemplare di roverella (*Quercus pubescens*) lungo i bordi del cratere. Le radici superficiali che fuoriescono dal terreno sono un adattamento per sfuggire al calore del suolo. (foto di Mario Del Noce)

Nel centro del cratere, il cosiddetto “deserto”, e lungo i suoi fianchi dove sboccano le fumarole le uniche forme di vita sono un’alga, il *Cyanidium*, e alcuni batteri (archibatteri) adattati a vivere in un ambiente così estremo.

Un ambiente così difficile simula molto bene le condizioni generali di vita all’inizio della storia del nostro pianeta: se il *Cyanidium* è infatti un organismo molto antico, gli archibatteri isolati alla Solfatara sono simili alle prime forme di vita comparse sulla Terra all’inizio dell’evoluzione biologica, quando la composizione dell’atmosfera terrestre era radicalmente diversa da quella attuale, l’attività vulcanica molto più intensa e le temperature assai più elevate di quelle attuali.

#### SCHEDA DI APPROFONDIMENTO

### Una classificazione problematica: il *Cyanidium*

Il *Cyanidium caldarium* è un’alga unicellulare che forma colonie dotate di una grande resistenza alle alte temperature ed all’elevata acidità del suolo. Esse rappresentano forme viventi pioniere adattate

a vivere in condizioni ambientali che costituiscono un ostacolo insormontabile per la maggior parte degli esseri viventi. Le patine verdastre che ricoprono il fondo del cratere, facilmente visibili soprattutto dopo un'abbondante pioggia, sono costituite proprio da quest'alga unicellulare eucariote.

In autunno e in inverno, in coincidenza con le piogge che rendono il suolo umido, il *Cyanidium* è più abbondante, in estate invece, a causa dell'aridità del suolo e della luce troppo intensa, la sua distribuzione è più ridotta, anche se si continua a trovare abbondante nei pressi delle bocche delle fumarole dove è facilmente raggiungibile dai vapori. Nel "deserto" il *Cyanidium* può mancare del tutto o ricoprirlo per esteso, secondo le stagioni: in estate, manca, in autunno invece, dopo le piogge, esso vi cresce abbondante.

La classificazione del *Cyanidium* ha posto ai tassonomisti numerosi problemi: nel corso del tempo esso è stato successivamente attribuito al gruppo delle cianofite, delle clorofite, delle rodofite e delle criptococchi (crisofite), tutti gruppi sistematici molto diversi tra loro (vedi Tavola I). Come mai tante difficoltà per identificare la categoria sistematica alla quale l'alga appartiene?

Un primo ostacolo è nato dal fatto che il nucleo dell'alga è distinguibile solo con l'ausilio del microscopio elettronico. E' per questo che in un primo momento l'alga è stata considerata un organismo procariote e classificata tra le cianofite, un gruppo attualmente definito cianobatteri e incluso nel regno monere.

Le successive osservazioni al microscopio elettronico hanno rivelato che il *Cyanidium caldarium* possiede il nucleo, un solo mitocondrio, un unico cloroplasto e non contiene vacuoli all'interno della cellula. In particolare il cloroplasto presenta una forma di coppa ed occupa la maggior parte del volume della cellula: il nucleo e l'unico mitocondrio giacciono proprio nella concavità formato dal cloroplasto.

Una volta identificata l'alga come eucariote, è sorto il problema della divisione di appartenenza (clorofite, rodofite o crisofite). Come mostra la Tavola I, la classificazione delle alghe (attualmente incluse nel regno protisti) si basa principalmente sulla presenza dei diversi tipi di pigmenti utilizzati per la fotosintesi. Il *Cyanidium* contiene come pigmenti la ficocianina e la clorofilla *a*, mentre è privo di clorofilla *d*. Come prodotto di riserva il *Cyanidium* non contiene amido, ma un prodotto simile all'amido, detto amido delle floridee, caratteristico della divisione delle rodofite. La presenza di tali caratteri ha consentito di includere l'alga tra le rodofite.

Ma si tratta veramente di un'unica specie?

Negli anni Settanta e Ottanta alcuni studiosi del Dipartimento di Botanica dell'Università di Napoli confrontarono le alghe della Solfatara con quelle di altre fumarole (Monte Lavu, a Giava in Indonesia e il parco di Yellowstone, negli U.S.A.). Il risultato fu che quella che sembrava essere un'unica specie, erano in realtà tre specie diverse! Il loro lavoro ha permesso infatti di descrivere tre specie, che presentano caratteri leggermente diversi: *Galdieria sulfuraria*, *Cyanidium caldarium* e *Cyanidioschizomerolae*.

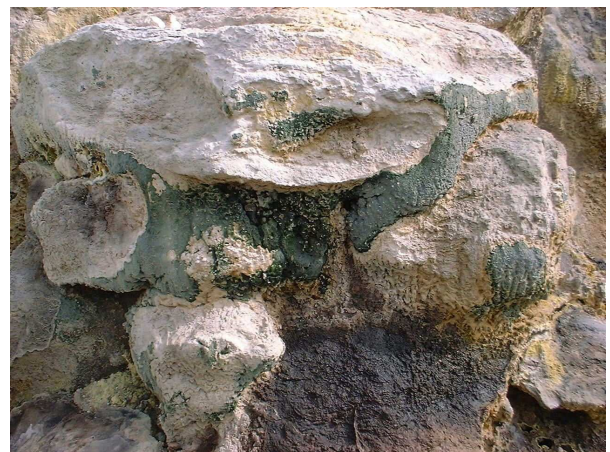


Figura 4 - Il *Cyanidium caldarium* si presenta sotto forma di patine verdastre che ricoprono le rocce delle Solfatara

(foto di Mario Del Noce)

## Tavola I – Caratteristiche distintive delle varie divisioni di Alghe

Divisione	Pigmenti fotosintetici	Sostanze di riserva	Parete	Altri caratteri
<b>Euglenofite</b>	Clorofilla <i>a e b</i>	Lipidi e polisaccaridi	Assente	Unicellulari Generalmente d'acqua dolce
<b>Dinoflagellati</b>	Clorofilla <i>a e c</i> Pigmenti vari	Lipidi	Cellulosa	Unicellulari Generalmente marine
<b>Crisofite</b> (diatomee e alghe giallo-brune)	Clorofilla <i>a e c</i> Pigmento giallo-bruno	Amido e lipidi	Cellulosa impregnata di silicio	Unicellulari Marine o d'acqua dolce
<b>Clorofite</b>	Clorofilla <i>a e b</i>	Amido	Cellulosa e polisaccaridi	Unicellulari o Pluricellulari Marine o d'acqua dolce
<b>Feofite</b>	Clorofilla <i>a e c</i> Fucoxantina	Lipidi e polisaccaridi	Cellulosa e polisaccaridi	Pluricellulari Generalmente marine
<b>Rodofite</b>	Clorofilla <i>a e d</i> Ficoeritrina Ficocianina	Amido (forma particolare)	Cellulosa e sostanze pectiche	Pluricellulari Generalmente marine

La Tavola è tratta da: V. Boccardi – Moduli di Biologia – La Scuola, 2002

## SCHEDA DI APPROFONDIMENTO

### Un inferno per gli antichi, un paradiso per i bioingegneri

Attualmente il regno monere comprende i due sottoregni degli **archibatteri** e degli **eubatteri**, comparsi in successione sulla Terra già nel corso del suo primo miliardo di anni di vita. Il gruppo più primitivo è quello degli **archibatteri**, organismi che vivono in ambienti estremi e che si dividono in tre gruppi: i **batteri metanogeni**, che vivono nei sedimenti dei laghi e nelle melme dei fondali oceanici, i **batteri alofili estremi**, che vivono nelle acque molto salate, e i **batteri termoacidofili**, che vivono nei suoli acidi presso le sorgenti calde e in prossimità delle bocche. Tra i batteri termoacidofili presenti alla Solfatarina uno dei più studiati è il *Sulfolobus solfataricus*, che costituisce delle striature nere sulla superficie della fangaia del cratere. Ma ce ne sono diversi altri, come il *Bacillus acidocaldarius*.

Perché tanto interesse per forme di vita così piccole e antiche, confinate oggi solo in ambienti particolarmente difficili?

Il motivo è che questi batteri sono capaci di resistere a temperature anche superiori ai 100°C. Se da un lato ciò ha fatto nascere numerosi interrogativi circa la capacità delle loro strutture cellulari (in particolare gli enzimi) di resistere senza denaturarsi a temperature così eccessive, normalmente incompatibili con la vita, d'altro canto ciò ha suggerito agli ingegneri genetici di utilizzare i loro enzimi nei processi che richiedono elevate temperature, sfruttandone la termoresistenza. Le DNA polimerasi (gli enzimi che duplicano il DNA) termoresistenti isolate dai batteri termoacidofili hanno permesso di svolgere in modo più efficiente i processi di amplificazione del DNA che

utilizzano la tecnica PCR<sup>1</sup> perché non si inattivano durante la scissione, ottenuta col calore, dei due filamenti del DNA (fusione).

#### 4. Un antico centro minerario e termale

La Solfatarà di Pozzuoli è, fra i vulcani flegrei, quello che ha subito i maggiori impieghi produttivi da parte dell'uomo nel corso dei secoli, costituendo una fonte non trascurabile per l'economia di Pozzuoli. Se gli Astroni e alcuni laghi flegrei furono utilizzati per la caccia e la pesca dai Reali Borbonici, la Solfatarà era già dall'epoca romana la fonte dei più disparati prodotti minerari che erano esportati in molti paesi.

Le fonti storiche e letterarie sull'estrazione dello zolfo e d'altri prodotti minerari riguardano principalmente l'Era Moderna. Da esse apprendiamo che nel 1563 e nel 1574 i Pontefici Paolo IV e Gregorio XIII fecero pressioni presso i proprietari delle allumiere d'Agnano e della Solfatarà di Pozzuoli, affinché cessassero la loro produzione perché concorrenziale con quella dei Monti della Tolfa, di proprietà della Chiesa. Nel 1677 Alessandro Pizzalonda da Bergamo ripristinò invece la lavorazione dello zolfo e dell'allume.

Un resoconto dell'abate Pasquale Panvini, scritto nel 1818, stima in questo modo la quantità dei materiali estratti ogni anno dalla Solfatarà durante il Seicento, prima che un violento terremoto, verificato nel 1694, mandasse in rovina la maggior parte delle "eccellenti fabbriche della Solfatarà":

	<b>Zolfo</b>
<b>300 quintali l'anno</b>	
	<b>Allume</b>
<b>60 quintali l'anno</b>	
	<b>Sale ammoniaco</b>
<b>2 quintali l'anno</b>	
	<b>Verderame</b>
<b>1 quintale l'anno</b>	

Dalla *Sulphuraria* si estraevano inoltre il **caolino**, usato insieme all'ossido di rame per comporre il caratteristico colore ceruleo per gli stucchi o per comporre l'**alica**, una strana e sofisticata miscela di polvere bianca che rendeva più apprezzabile la farina di farro.

Altri prodotti erano il **cinabro**, usato per la composizione del rosso pompeiano, e ovviamente lo **zolfo**, utilizzato per pratiche religiose, in agricoltura, e per preparare la cosiddetta pece greca, una miscela di bitume adoperata per i proiettili infuocati delle catapulte.

Durante il Medio Evo la Solfatarà era famosa anche per le sue sorgenti termali, un fenomeno molto diffuso nei Campi Flegrei. L'acqua termale della Solfatarà era utilizzata per curare le più svariate malattie, uso che ancora oggi continua nelle vicine Terme di Agnano.

Pietro da Eboli, nella seconda decade del secolo XIII, nel poemetto "*De balneis puteolanis*" descrive le proprietà curative dei diversi bagni termali che sorgevano nei pressi della Solfatarà. Tra questi vi era il "*Balneum Solphatarà*", le cui miracolose virtù terapeutiche sono così decantate: "*rilascia i nervi, guarisce la scabbia, rende feconde le sterili, toglie i dolori di capo e di stomaco, astringe le lacrime ed acuisce la vista, giova al vomito, dissolve i flemmoni, toglie la febbre con brividi; la cura giova soprattutto se preceda una purgazione. Se le narici ne fuggono il cattivo odore, si guardi all'efficacia delle acque*".

Le proprietà curative di queste acque raggiunsero la loro massima fama nel corso del '500 e del '600, ma oggi di questo bagno non si trovano più tracce. Oltre che all'acqua, sono state attribuite proprietà curative anche all'aria della Solfatarà, dal caratteristico odore

<sup>1</sup> La PCR (reazione a catena della polimerasi) è una metodica che, sfruttando l'azione dell'enzima DNA-polimerasi, attraverso una serie di cicli di duplicazione e di fusione del DNA, consente in pochi minuti di realizzare un gran numero di molecole di DNA anche a partire da una sola molecola. Questa tecnica, sviluppata solo agli inizi degli anni Ottanta, si è affermata in modo rapidissimo in tutti i laboratori di biologia molecolare.

di uova marce, impartito dall'idrogeno solforato. Una notizia curiosa, riportata da Sirpettino, è che in passato si è tentato addirittura di "in scatolare" in palloni di gomma l'aria miracolosa della Solfatarata per portarla direttamente al domicilio degli ammalati che non erano in condizioni di muoversi!

#### SCHEDA DI APPROFONDIMENTO

### Le antiche tecniche di estrazione dello zolfo

Il prodotto estratto in quantità maggiore dalla Solfatarata era lo zolfo. Ma con quali tecniche veniva estratto? Come veniva risolto il problema della separazione dello zolfo dalle rocce sulle quali si era depositato?

E' probabile che forse già dall'epoca romana, lo zolfo venisse estratto con il sistema dei "calcaroni": cumuli di pietrisco ricco di zolfo erano fatti bruciare e lo zolfo liquefatto era raccolto in una trincea scavata intorno al cumulo.

Successivamente si hanno notizie dell'impiego per la raccolta dello zolfo di vasi conici di terraglia. Gli scarsi risultati e l'inquinamento ambientale provocato dal sistema dei "calcaroni", portarono infatti al successivo utilizzo di vasi conici refrattari che, pieni di pietrisco zolfiero, erano posti su forni alimentati a legna. Tramite un tubo di terracotta, essi erano collegati con altri contenitori esterni, nei quali avveniva la raccolta dello zolfo che, prima di solidificare completamente, era inserito in apposite forme di legno. Tale attività è documentata dal rinvenimento di frammenti ceramici e di cumuli di terriccio depurato in diverse zone della Solfatarata. Anche una prima messa a dimora di specie vegetali quali querce e castagni è probabilmente in relazione con la mancanza di legna per alimentare i forni per l'estrazione dello zolfo e i fornelli dell'allumiera.

#### SCHEDA DIDATTICA

### Conosciamo il vulcano attraverso i 5 sensi

Il vulcano della Solfatarata si presta bene per un percorso di conoscenza realizzato mediante il coinvolgimento dei 5 sensi. Tale percorso è particolarmente adatto agli alunni più piccoli (materne ed elementari), ma è efficace anche per gli studenti delle medie e delle superiori, poiché li coinvolge emotivamente, favorendo l'acquisizione di nuove conoscenze.

#### a) L'olfatto

Sicuramente uno dei primi sensi ad essere stimolato già mentre ci avviciniamo all'ingresso del vulcano è l'odorato: percorrendo la via Domiziana, i recettori olfattivi vengono infatti eccitati dall'odore intenso dell'idrogeno solforato, un odore che nelle giornate ventose si spande tutto intorno al vulcano sino ad alcuni Km di distanza, e che aumenta sempre più nell'avvicinarsi al cratere.

#### b) L'udito

Dopo l'organo dell'olfatto, possiamo passare ad utilizzare gli altri sensi: recandosi alla Solfatarata si può avere la sensazione di trovarsi al di fuori del mondo reale, anche perché, probabilmente per la particolare struttura del terreno, il suolo della Solfatarata sembra emettere al calpestio un caratteristico rimbombo.

Ecco come questo fenomeno fu descritto da Gaetano D'Ancona nel 1792 nella *"Guida ragionata per le antichità e per le curiosità naturali di Pozzuoli e de' luoghi circonvicini"*: **"Il suo piano si sente voto al di sotto, in modo che, battendo la terra, rimbomba"**.

Ma la vera "voce" della Solfatarata si può ascoltare recandosi nei pressi della Bocca Grande, il luogo dal quale prorompe la principale fumarola del vulcano che fornisce attualmente la maggior produzione di vapore e che ha la maggior temperatura. Avvicinandosi si avverte prima un sibilo, poi un rumore sordo e cupo e, infine, nelle immediate prossimità, il suono si fa



assordante e se ne percepisce in pieno la potenza: è il vero e proprio “respiro del vulcano”.

#### c) La vista

All'interno del cratere l'organo della vista è sicuramente quello maggiormente stimolato dalla visione di un paesaggio che, per la mancanza di vegetazione e per il colore biancastro delle rocce, è possibile definire “lunare”<sup>2</sup>. Ma se vogliamo spaziare lungo tutto lo spettro visibile della luce, dobbiamo fermarci ad osservare i minerali che ricoprono le rocce: dal rosso del realgar al giallo dello zolfo fino al violetto del cinabro, è tutto un continuo di colori e di tonalità!

#### d) Il tatto

Toccando poi le rocce che circondano il vulcano e manipolandone i cristalli coinvolgeremo anche il tatto, mentre rimarrà impresso sulle nostre mani l'odore intenso dello zolfo, che scomparirà solo dopo ripetuti lavaggi.

#### e) Il gusto

E il gusto? E possibile coinvolgere anche le papille gustative della lingua, assaggiando uno dei minerali della solfatara: l'allume. Immediatamente si avverte un sapore acido e metallico che, secondo molti, ricorda quello del limone.

A questo punto non ci rimarrà altro che chiudere gli occhi per utilizzare il nostro “sesto senso”: avvertiremo forse il sapore della storia che permea questi luoghi, e sentiremo il profondo respiro della Terra, un respiro che, qui alla Solfatara, si fa più profondo e intenso.

Vincenzo Boccardi  
Liceo Scientifico “Ettore Majorana” –  
Pozzuoli (NA)  
SSIS Università “Federico II” di Napoli

Articolo pubblicato sul  
numero 231 di *Didattica delle  
Scienze* (aprile 2004).

Citare come: Boccardi, V.,  
“Un viaggio al *Forum  
Vulcani: La Solfatara di  
Pozzuoli*”, *Didattica Delle  
Scienze*, 18-25, 231, La  
Scuola, aprile 2004.

#### Bibliografia

- A.N.I.S.N. – Sezione Campania – Materiale del Convegno e Corso di Formazione in collaborazione con l'Università “Federico II” di Napoli – Dipartimento di Zoologia, “L'interesse scientifico – naturalistico, storico – archeologico e sociale dei Campi Flegrei”, Napoli, 2001-2002.
- Anecchino R., “Storia di Pozzuoli e della zona flegrea”, Pozzuoli, 1960.
- Boccardi S., “La Solfatara di Pozzuoli: un ambiente veramente particolare”, *Bollettino Sezione Campania A.N.I.S.N. – numero speciale “I Campi Flegrei”*, 24, luglio 2002.
- Calzone M. et al., “Aspetti ed itinerari naturalistici dei Campi Flegrei”, Gallina, 1985.
- Cavallone Peretti R., “Spazio Terra”, corso di geografia generale, Bulgarini, 2001.
- Cortini M. e Scandone R., “Introduzione alla Vulcanologia”, Liguori, 1987.
- De Natale G., Mastrolorenzo G., Pingue F., Scarpa R., “I Campi Flegrei e i fenomeni bradisismici”, *Le Scienze*, 306, 1994.
- Di Bonito R., Giamminelli R., “Le Terme dei Campi Flegrei. Topografia storica”, Milano-Roma, 1992.
- Polunin O. e Walters M., “Guida alle Vegetazioni d'Europa”, Zanichelli, 1987.
- Sirpettino M., “La Solfatara di Pozzuoli”, Società Editrice Napoletana, 1979.

Ringrazio il Prof. Mario Del Noce per la preziosa collaborazione alla stesura di questo articolo.

<sup>2</sup> Amedeo Maiuri è stato il primo a definire “lunare” il paesaggio dei Campi Flegrei .