

Clima e piogge acide¹

GIULIANA CANDUSSIO*

SUNTO

Il contributo delinea le modalità con cui è stato affrontato in classe, attraverso il ricorso a un approccio di natura sperimentale, lo studio del fenomeno delle piogge acide e vuole mostrare un esempio di integrazione di saperi e di abilità multidisciplinari. Con tale contributo si intende evidenziare l'efficacia di iniziative che comportino una seppur "dosata" applicazione del metodo scientifico.

PAROLE CHIAVE

DIDATTICA DELLA MATEMATICA / MATHEMATICS EDUCATION; SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO / MIDDLE SCHOOL; SCIENZE INTEGRATE / SCIENCE INTEGRATION; MATEMATICA / MATHEMATICS; CHIMICA / CHEMISTRY; GEOSCIENZE / EARTH SCIENCE.

1. IL PROGETTO

Presentata all'ottava edizione di "La matematica dei ragazzi", l'attività di seguito descritta si è svolta nel corso dell'a. s. 2009/2010, inserendosi in una ben più am-

pia e consolidata proposta didattica pluriennale intrapresa nella scuola secondaria "Via Roma" di Mariano del Friuli (GO).

L'introduzione del computer nella prassi didattica della docente responsabile del progetto in questione², a partire dall'a. s. 1983/1984, e la sperimentazione di software applicativo, già due anni dopo, hanno permesso di coinvolgere gli allievi in indagini e studi più complessi, in particolare nell'ambito di iniziative di educazione ambientale.

In questo contesto, nell'a. s. 1986-1987, con il progetto denominato "L'orto a scuola", iniziò, a cura dei ragazzi stessi, la prima raccolta di dati relativi al tempo atmosferico (desunti inizialmente dal quotidiano locale) allo scopo di studiarne, attraverso osservazioni sistematiche, l'influenza sullo sviluppo di specie orticole e floricole coltivate.

L'elaborazione delle informazioni veniva effettuata ricorrendo all'utilizzo del computer. Tale esperienza, all'epoca piuttosto all'avanguardia, suscitò notevole interesse, tanto che, dopo la sua presentazione nel 1987 al Convegno nazionale "Computer e didattica" organizzato dall'IRRSAE Friuli-Venezia Giulia³, l'insegnante responsabile fu invitata a illustrarla anche in un analogo convegno, promosso a Napoli dall'IRRSAE Campania.

Successivamente, l'"orto" diventò un "campo" e, poi, un "vivaio". Si compivano osservazioni più mirate e sistematiche sullo sviluppo di alcune specie di cereali e, quindi, su circa 1000 piantine di specie arboree, mentre la raccolta sistematica giornaliera dei dati atmosferici veniva effettuata direttamente dai ragazzi mediante strumentazioni opportunamente collocate nel giardino della scuola.

Nel 1988, con l'adesione al progetto "Arcobaleno" (monitoraggio del fenomeno delle *piogge acide*⁴ sul territorio nazionale) - proposto dai GRE (Gruppi Ricerca Ecologica)⁵ e attuato da circa 1000 scuole - si aggiunse alla predetta attività lo studio di questo preoccupante fenomeno⁶ e si proseguì fino al maggio 2010.

Negli anni successivi, l'organizzazione delle attività didattiche si fece via via più articolata e complessa, a seguito di ulteriori collaborazioni a molteplici progetti, sia locali sia nazionali, di significativa rilevanza educativa e didattica. L'educazione ambientale, al di là dell'adesione a proposte offerte occasionalmente da vari enti, assunse così una connotazione specifica nella programmazione didattica, perdurante nel tempo.

Su queste linee portanti si inserirono numerose attività collaterali che, di volta in volta, coinvolgevano anche altre discipline e realtà scolastiche. Nei diversi anni scolastici ci si è avvalsi della collaborazione di tecnici dell'amministrazione comunale e di esperti per l'approfondimento di aspetti relativi al fenomeno studiato, per il confronto con i dati raccolti dagli enti operanti sul territorio, per le informazioni relative al territorio stesso (esistenza e localizzazione di impianti industriali, centrali elettriche e inceneritori; tipologia del riscaldamento domestico, ecc.), per l'effettuazione di altre indagini e attività riguardanti l'ambiente (la qualità dell'aria, quella dell'acqua del torrente Versa e dell'Isonzo, problemi relativi alla raccolta e allo smaltimento dei rifiuti, ecc.), nonché per l'allestimento di mostre presso la scuola.

Di tutte queste attività, stralci significativi sono stati presentati in occasione di vari convegni⁷ e alle prime due edizioni di “La matematica dei ragazzi” (svoltisi, rispettivamente, nel 1996 e nel 1998)⁸.

2. L'ATTIVITÀ SVOLTA NEL 2009/2010

Nell'a. s. 2009/2010, l'impegno per la prosecuzione della ricerca sul fenomeno delle piogge acide è stato affidato, come nelle esperienze svolte in precedenza, alla classe terza della scuola, con ripartizione dei compiti a seconda delle competenze già sviluppate e da promuovere attraverso lo svolgimento dei programmi di matematica, scienze e informatica.

Durante numerosi rientri pomeridiani volontari (la classe coinvolta era “a tempo normale”, con lezioni solo al mattino) si sono, inoltre, definite le principali tappe della presentazione da preparare per la manifestazione “La matematica dei ragazzi”. Si sono così approfondite alcune tematiche, rifiniti alcuni lavori, ideati e messi a punto materiali ed esperimenti, nonché effettuate prove per la presentazione finale.

È stata usata una strumentazione molto semplice, spesso artigianale, frutto in buona parte dell'esperienza accumulata in tanti anni. Ovviamente, con il passare del tempo, le attrezzature informatiche utilizzate per l'elaborazione dei dati si sono notevolmente evolute: nel 1987, nella scuola vi erano quattro computer *Commodore C64* in comodato d'uso, mentre nel 2010 si disponeva di dodici personal computer e di un'aula attrezzata blindata.

Nel corso dell'anno scolastico 2009/2010, come nelle precedenti esperienze, la realizzazione dell'attività ha seguito uno schema così riassumibile: acquisizione dei dati; trattazione teorica degli argomenti; aggiornamento delle informazioni relative al territorio; elaborazione dei dati raccolti; attività collaterali; conclusioni; pubblicizzazione.

3. IL LABORATORIO PRESENTATO A “LA MATEMATICA DEI RAGAZZI”

Per la presentazione alla manifestazione “La matematica dei ragazzi” sono state, ovviamente, evidenziate le parti relative agli aspetti matematici del lavoro multidisciplinare svolto in classe. Tuttavia, gli allievi, allo scopo di coinvolgere il più possibile i visitatori e dare loro l'idea dell'articolazione dell'attività, si sono cimentati anche in spiegazioni e dimostrazioni pratiche relative alle fasi un po' “meno matematiche” di quanto svolto durante l'anno.

Una volta suddivisi gli allievi nei gruppi corrispondenti alle quattro sezioni del laboratorio, sono stati distribuiti i relativi compiti:

1. presentazione del progetto, motivazioni, breve trattazione teorica dei fenomeni studiati;

2. illustrazione delle modalità di acquisizione dei dati;
3. dimostrazioni pratiche con simulazioni sia di alcuni processi che portano alla formazione delle piogge acide sia degli effetti delle deposizioni acide sull'ambiente;
4. spiegazioni riguardanti l'elaborazione matematica dei dati raccolti nell'anno scolastico in corso, il confronto con i dati degli anni precedenti e le conclusioni (alla luce delle indagini effettuate dal 1988 al 2010).



Figura 1. La presentazione del lavoro a “La matematica dei ragazzi” (edizione del 2010). In senso orario: introduzione alle attività; illustrazione della tipologia di dati e delle modalità di acquisizione degli stessi; dimostrazioni pratiche e presentazione dei risultati (riprese dai tecnici della RAI); dimostrazioni della determinazione del pH.

4. L'ACQUISIZIONE DEI DATI

L'acquisizione sistematica dei dati meteorologici è iniziata nel dicembre 2009 ed è terminata a maggio 2010.

Sono state raccolte e registrate in apposite tabelle, le seguenti tipologie di dati:

- temperatura minima e massima giornaliera dell'aria;
- temperatura dell'aria e temperatura del suolo alle ore 10;
- piovosità giornaliera;
- provenienza del vento (direzione e verso in base alla *rosa dei venti*);

- intensità del vento;
- condizioni atmosferiche;
- pH e volume delle precipitazioni giornaliere;
- tipo, collocazione temporale (notturna o diurna) e durata delle precipitazioni;
- presenza di eventuale contaminazione.

Sono stati utilizzati i seguenti strumenti e/o metodi di misurazione:

- un termometro a massima e minima, appeso a circa 160 cm dal suolo in posizione riparata dal sole;
- un termometro per misurare la temperatura del terreno, sistemato in una zona del vivaio;
- un pluviometro, costituito da un imbuto di plastica e un recipiente appoggiato su un sostegno metallico;
- un “anemometro”, costruito artigianalmente con due piccole assi di legno disposte perpendicolarmente, alle cui estremità erano indicati i punti cardinali ed erano legate delle striscioline di plastica (materiale rivelatosi adatto per le sue caratteristiche di impermeabilità); il tutto era sostenuto da un paletto alto circa 2 m fissato nel terreno, in modo che dal basso si potesse facilmente individuare la provenienza del vento; per la velocità, invece, ci si basava empiricamente sul movimento delle striscioline e della vegetazione circostante⁹;
- un contenitore, posto a un'altezza di circa 130 cm, con sacchetto di plastica (da sostituire giornalmente con un altro perfettamente pulito, come da protocollo “Arcobaleno”) per la raccolta delle precipitazioni umide utilizzate per la determinazione del pH e del volume;
- alcuni cilindri graduati per misurare il volume dell'acqua piovana raccolta;
- un kit “Idrimer” (fornito dai GRE nell'ambito del progetto “Arcobaleno”) per la determinazione del pH con metodo colorimetrico.

Date le caratteristiche degli strumenti utilizzati, la precisione delle misure è stata in alcuni casi inevitabilmente limitata, nonostante la lettura sia stata effettuata il più correttamente possibile. Di ciò si deve tener conto nell'interpretazione dei dati di volta in volta elaborati e, soprattutto, nelle conclusioni.

I ragazzi uscivano alle ore 10 di tutti i giorni, in coppia, in base a un turno che essi stessi avevano stabilito, muniti delle apposite tabelle per la raccolta dei dati; cambiavano il sacchetto per la raccolta delle precipitazioni da sottoporre ad analisi e portavano il contenuto in classe per la determinazione immediata di pH e volume. Tutti i sacchetti utilizzati venivano quindi collocati in un apposito contenitore per la raccolta differenziata dei rifiuti. Il rilevamento dei dati veniva effettuato anche nelle giornate festive. Ogni ragazzo inoltre registrava sulle proprie schede i dati forniti dai compagni.



Figura 2. Gli strumenti utilizzati.

5. LA TRATTAZIONE MATEMATICA

Durante le ore curriculari sono stati affrontati e sviluppati i numerosi strumenti matematici che si rendevano man mano necessari per l'elaborazione dei dati e la loro interpretazione, quali ad esempio:

- alcune nozioni di algebra;
- l'approssimazione nei calcoli;
- la notazione scientifica dei numeri;
- la differenza tra le cosiddette "funzioni empiriche" e quelle "matematiche";
- la costruzione e la lettura dei grafici di funzioni;
- l'approccio ai logaritmi, per i calcoli relativi al pH;
- la geometria solida (in particolare per quel che riguarda la misura di superfici e volumi), che ha consentito di risolvere problemi pratici, come quello di calcolare la piovosità in millimetri;
- alcuni elementi di statistica e probabilità.

Durante le ore integrative di informatica si è inoltre approfondito lo studio degli strumenti informatici e del software necessario all'elaborazione e all'archiviazione dei dati.

6. LA TRATTAZIONE SCIENTIFICA

Il supporto scientifico a questa attività ha i suoi capisaldi nello svolgimento teorico-sperimentale (nell'ambito di tutto il percorso del programma di scienze) degli argomenti che consentono ai ragazzi di sviluppare una conoscenza di base sufficiente per capire i fenomeni indagati e le problematiche ambientali a essi connesse, interpretare e valutare *in itinere* le informazioni raccolte e acquisire consapevolezza del proprio lavoro.

In particolare, sono stati affrontati i seguenti argomenti di chimica:

- miscugli e soluzioni, solubilità e concentrazione, influenza della temperatura sulla solubilità, soluzioni acide e basiche (con esempi di sostanze conosciute dai ragazzi), grado di acidità di una soluzione (pH), scala del pH, determinazione del pH per via colorimetrica con l'uso di vari indicatori¹⁰;
- confronto fra vari tipi di acque;
- composizione dell'atmosfera;
- genesi delle idrometeore;
- acidità delle precipitazioni (in condizioni normali, pH=5,6);
- prove sperimentali dell'effetto di soluzioni acide su alcuni materiali, sul terreno e sulla vegetazione; simulazione della genesi delle piogge acide¹¹;
- inquinamento atmosferico: cause, sorgenti, distribuzione dell'inquinamento e delle deposizioni secche e umide, trasporto degli inquinanti e problemi connessi, impatto sui corpi idrici e sugli organismi acquatici, sulla vegetazione, sui monumenti e manufatti e sulla salute umana¹².



Figura 3. Un esperimento di simulazione della genesi della pioggia acida.

7. L'INDAGINE RELATIVA ALLE CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO

Già nella prima edizione del citato progetto “Arcobaleno”, attraverso la somministrazione di un questionario predisposto *ad hoc* con i ragazzi e da proporre a responsabili di aziende (desunti da un elenco fornito dall'Amministrazione Comunale), venne effettuata una raccolta di informazioni riguardanti le emissioni in atmosfera nell'ambito del territorio del Comune di Mariano del Friuli.



Figura 4. I ragazzi al lavoro. Da sinistra a destra e dall'alto in basso: rilevamento della temperatura del suolo; registrazione dei dati su tabelle; osservazione della provenienza e dell'intensità del vento; sistemazione del termometro nel terreno e controllo del pluviometro; misurazione del volume dell'acqua raccolta nel sacchetto; rilevamento delle temperature dell'aria; determinazione del pH col kit; cambio del sacchetto e sistemazione del contenitore.

Per i territori contigui ci si basò sui dati pubblici disponibili su principali fabbriche, centrali, cave, inceneritori e maggiori agglomerati industriali e urbani. Utilizzando le carte topografiche, vennero individuate le rispettive localizzazioni e le distanze rispetto al sito di campionamento. Furono inoltre raccolte, sempre dai ragazzi e nello stesso arco di tempo, anche altre informazioni relative al luogo di campionamento: le distanze e la distribuzione di caseggiati, strade e alberi più vicini.

La raccolta di tali dati è stata aggiornata nelle successive riproposizioni di questa attività, e così pure nel corso dell'a. s. 2009/2010.

8. L'ELABORAZIONE DEI DATI

Tutti i dati, mensilmente, sono stati tabulati ed elaborati dagli allievi stessi, sia manualmente sia al calcolatore; il lavoro è stato distribuito ai vari gruppi; gli elaborati via via prodotti sono stati sistemati in un'apposita cartella e ne è stata registrata l'effettuazione su una scheda, per avere il quadro costante dello stato di avanzamento dei lavori.

Sono state realizzate rappresentazioni grafiche di vario tipo, discutendo con gli allievi e scegliendo di volta in volta quelle ritenute più significative in relazione alla tipologia dei dati e alle informazioni da evidenziare. In particolare, sono stati rappresentati:

- l'andamento mensile dei valori del pH (istogrammi);
- l'andamento mensile della piovosità (istogrammi - detti, in questo caso, "pluviogrammi");
- l'andamento temporale, relativo a ciascun mese, delle temperature dell'aria minime, massime e alle ore 10 (grafici lineari¹³: cfr. Figura 5);
- l'andamento temporale, relativo a ciascun mese, delle temperature del suolo rilevate alle ore 10 (grafico lineare);
- per ogni mese, la percentuale di giorni caratterizzati da diverse condizioni atmosferiche, quali ad esempio nuvolosità, piovosità, soleggiamento,... (areogrammi a settori circolari);
- per ogni mese, la percentuale di giorni caratterizzati da venti di determinata provenienza e intensità (areogrammi a settori circolari)¹⁴;
- per ogni mese, l'andamento dell'escursione termica giornaliera e della temperatura media giornaliera (grafici lineari);
- le frequenze dei valori del pH relativi alle precipitazioni raccolte in determinati periodi, come ad esempio mesi invernali, mesi primaverili, stesso mese di più anni, ecc. (istogrammi);
- il pH in relazione al volume per le precipitazioni verificatesi in determinati periodi (grafico a dispersione) al fine di accertarne l'eventuale correlazione;
- la frequenza di precipitazioni acide e non acide in un determinato periodo, in relazione alla provenienza del vento (istogrammi).

Elaborando i dati e interpretando i grafici, sono stati ricavati:

- per ogni mese (relativamente al periodo 1989-2010), i valori minimo, massimo e medio delle temperature minime e delle temperature massime giornaliere;
- i valori minimi, massimi e medi mensili del pH nel periodo 1989-2010;
- l'escursione termica giornaliera e la media aritmetica giornaliera delle temperature massima e minima;
- l'andamento della piovosità, espressa in mm;

- i valori minimi, massimi e medi mensili (considerando la media aritmetica) per ogni gruppo di dati (a eccezione del pH);
- la concentrazione in moli/l per ogni valore di pH;
- il pH medio mensile;
- la frequenza dei giorni piovosi per ogni mese;
- la frequenza assoluta dei seguenti dati: provenienza, intensità del vento e condizioni atmosferiche;
- le frequenze assolute e relative di precipitazioni acide e “non acide” nei vari mesi o coppie di mesi, rispetto al numero delle giornate piovose e alla provenienza del vento;
- la moda e la mediana dei valori del pH relativi ai rilevamenti effettuati nell'intero periodo, nei mesi invernali e nei mesi primaverili;
- la probabilità di precipitazioni acide in determinati mesi sulla base dei dati raccolti nei vari anni di ricerca.

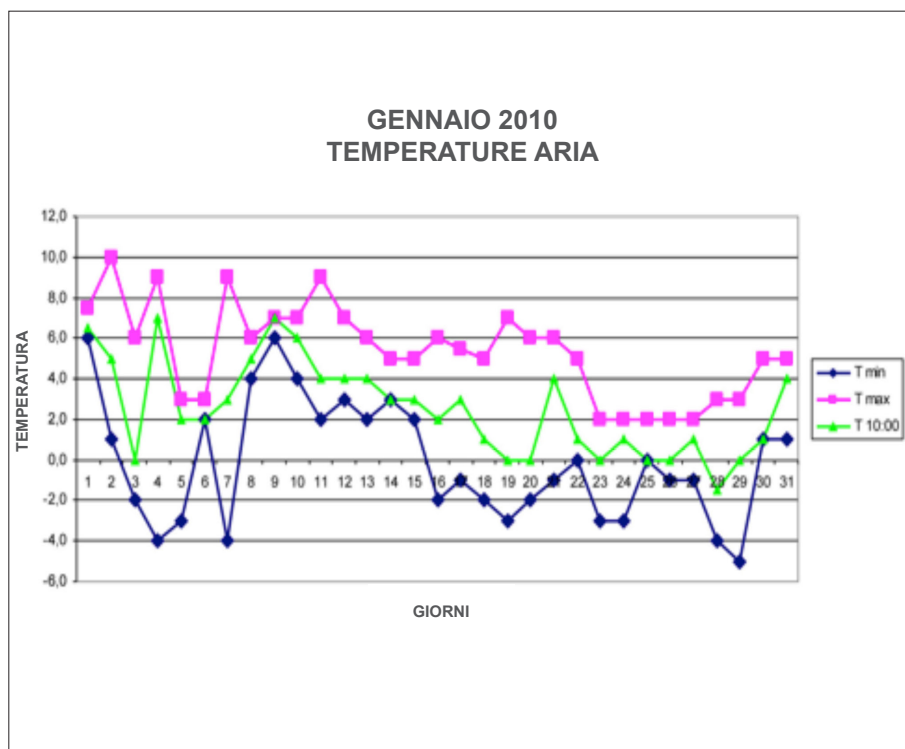


Figura 5. Esempio di elaborazione grafica: confronto fra l'andamento delle temperature minime, massime e alle ore 10 nel mese di gennaio 2010.

A conclusione dell'attività svolta nell'a. s. 2009/2010, è stato esaminato il quadro complessivo dei dati raccolti dal 1989 al 2010 ed è stata effettuata un'analisi comparativa, pur tenendo conto di una certa discontinuità nell'assunzione dei dati stessi. Sono stati presi in esame anche ulteriori dati forniti dai laboratori di enti pubblici e privati.

Pur disponendo di una strumentazione rudimentale e, di conseguenza, inevitabilmente imprecisa – ma didatticamente efficace anche perché frutto dell'ingegno degli allievi – si è osservata una significativa corrispondenza tra i dati acquisiti dagli studenti e da enti ufficiali.

Si è, in generale, notata una maggiore piovosità nei mesi di novembre, marzo e aprile. Nel 1997 e nel 2007 si sono registrati i mesi primaverili più asciutti del periodo considerato (nell'aprile 1997 tre piogge di modesta intensità e nell'aprile 2007 assenza di precipitazioni). Periodi caratterizzati da scarsità di precipitazioni si sono verificati fra dicembre e marzo (in particolare nel 1998 e nel 2003).

È stata riscontrata, soprattutto nei mesi invernali, una prevalenza dei venti provenienti da Nord, Est, Nord-Est, Sud-Est, mentre nei mesi primaverili sono stati registrati con maggiore frequenza anche venti provenienti da Sud e Sud-Ovest.

Generalmente l'intensità del vento, salvo rari casi (per lo più, di bora), è stata piuttosto moderata o debole; vi sono state rarissime precipitazioni nevose, mentre la nebbia si è verificata con frequenza bassa, soprattutto da dicembre a febbraio.

Si è osservato che, di norma, le temperature minime sono occasionalmente scese sotto gli 0 °C da novembre a marzo, con maggiore frequenza in gennaio-febbraio e, a volte, raggiungendo valori inferiori a -10 °C; la temperatura del suolo è scesa sotto gli 0 °C soprattutto in gennaio-febbraio.

Per quel che riguarda l'acidità dell'acqua piovana, il pH rilevato nel periodo considerato variava da 3 a un valore superiore a 7, che, però, non è stato possibile determinare esattamente con il kit in dotazione.

Per quanto concerne le cosiddette *piogge acide*, si è riscontrato, contrariamente alle aspettative, che il fenomeno colpisce anche il territorio di Mariano del Friuli (il primo valore registrato nel 1988 è stato, con sorpresa, un pH pari a 4) e proprio la constatazione della presenza di valori elevati di acidità ha indotto la prosecuzione dell'indagine negli anni successivi. Una maggiore incidenza del fenomeno è stata registrata nei mesi invernali e primaverili: ciò è stato messo in relazione con le condizioni atmosferiche (in particolare con l'intensità e la provenienza del vento) e con la presenza di inquinanti derivanti dal riscaldamento domestico.

Una certa frequenza di piogge acide, soprattutto nei mesi invernali, si è osservata in occasione della prima pioggia dopo un periodo di siccità e, spesso, in presenza di nebbia. Una maggiore frequenza di piogge acide è stata anche osservata in concomitanza di venti provenienti dai quadranti da Nord a Sud-Est, o in assenza di vento. Non è stata osservata un'evidente correlazione fra il valore del pH e il volume della pioggia.

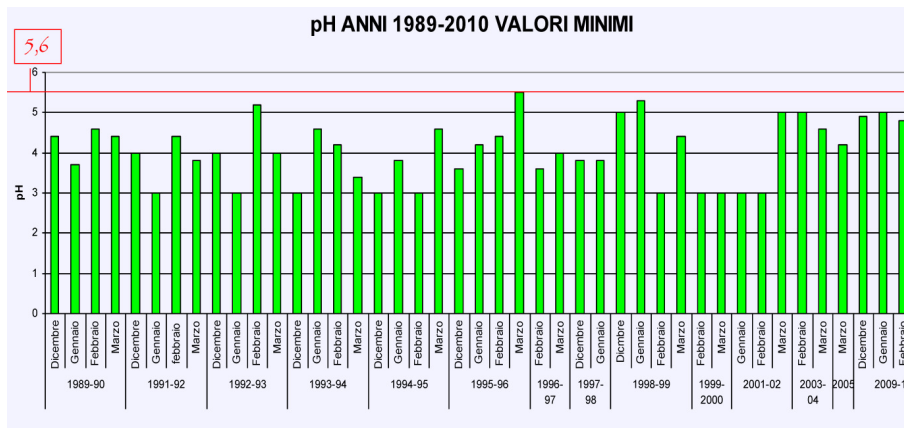


Figura 8. Valori del pH minimi registrati dal 1989 al 2010. Si può notare come tali valori minimi siano stati rilevati nei mesi invernali (dicembre, gennaio, febbraio e marzo).

Negli ultimi anni la situazione pare un po' migliorata: le piogge acide, quando presenti, sono caratterizzate generalmente da valori di pH più prossimi a 5,6. Dal monitoraggio attuato da dicembre 2009 a marzo 2010 risulta, ad esempio, che il pH non ha raggiunto valori eccessivamente bassi come avvenuto in alcuni anni precedenti: il valore minimo registrato è stato, infatti, pari a 4,8.

Dall'analisi e valutazione delle possibili emissioni inquinanti presenti nel territorio, sia nella zona di Mariano del Friuli che in quelle contigue (l'area è scarsamente industrializzata; il riscaldamento domestico è prevalentemente a metano; il traffico stradale, a parte la statale Trieste-Udine, non è molto intenso; la centrale termoelettrica più vicina è situata in direzione SE a circa 20 km di distanza), e dalle indagini sulle condizioni atmosferiche riguardanti in particolare la circolazione dell'aria e dei venti prevalenti, si è ipotizzato che, in generale, il fenomeno non sia dovuto a fonti di immissione locali, bensì al trasporto degli inquinanti da altre zone, anche parecchio distanti, da parte del vento proveniente molto spesso dai quadranti Nord-Est-Sud¹⁵.

10. LA VOCE DEI RAGAZZI

Il lavoro è stato infine presentato all'ottava edizione di "La matematica dei ragazzi". Come hanno vissuto i ragazzi questo impegnativo appuntamento? Vengono riportati di seguito alcuni stralci di relazioni scritte "a caldo" subito dopo lo svolgimento della manifestazione.

ANNA

All'inizio ero tesa, io dovevo spiegare cosa facevamo ogni giorno alle 10.00 e come determinavamo il pH e il volume della pioggia. Arrivati abbiamo sistemato gli strumenti su 2 tavoli, neanche finito di mettere in ordine le cose, fuori dalla porta c'era già una classe che ci veniva a visitare, è stato molto veloce e io avevo così tanta paura di sbagliare e difatti ho spiegato malissimo; dopo

non ho avuto più problemi credo di aver spiegato bene e in modo chiaro, forse andavo troppo veloce, ma spero di essermi fatta capire, certo per i più piccoli era difficile capire cos'erano le piogge acide, il pH e il volume se a scuola e in casa ovviamente non ne avevano mai parlato. Credo che tutti abbiamo fatto del nostro meglio, io e, spero tutti gli altri, ci siamo divertiti moltissimo.

REBECCA E VALERIA

Sarebbe banale definirla una bella esperienza; è stata un'occasione per capire cosa vuol dire stare dall'altra parte della cattedra. La difficoltà non è stata nell'espore correttamente il nostro lavoro, bensì nel renderlo chiaro ad un pubblico molto spesso più piccolo di noi.

GIOVANNI

[...] comunque, anche se non molto contento, è stata una buona esperienza perché abbiamo capito che fare gli insegnanti è difficile e bisogna avere tanta pazienza perché magari non tutti i ragazzi sono attenti e quindi bisogna ripetere molte volte.

ALESSANDRO

Ho fatto questa esperienza per due edizioni di fila. Mi è piaciuto molto raccontare e studiare certe cose riguardo l'acqua e scoprire verso quali rischi andiamo incontro se non proteggiamo quest'oro blu [...]. Mi sono divertito molto anche provando per due giorni il ruolo dell'insegnante. Infatti spiegando a molti bambini e ragazzi di tutte le età, mi sono accorto di quanto sia scocciante spiegare qualcosa a qualcuno senza che lui o lei ti stia ad ascoltare. Per fortuna non tutti erano disattenti e ci hanno reso l'esperienza piacevole e innovativa.

ALESSANDRA E MARCO

Esperienza positiva, la matematica dei ragazzi ci ha visti impegnati in questo progetto per vari mesi: è stato divertente e interessante, anche se spesso ha richiesto molto impegno. La prima parte del nostro lavoro, la quale consisteva nella preparazione di presentazioni, grafici, rilevamenti dei dati e approfondimenti, è stata interessante e impegnativa, perché ci ha visto spesso occupati nel progetto nei pomeriggi o durante le festività. La seconda fase del progetto, che prevedeva la spiegazione del nostro lavoro ad altre classi, è stata divertente anche se ripetitiva e piuttosto complicata quando le classi erano composte da bambini piccoli o ragazzi poco attenti. Al termine del nostro lavoro, abbiamo capito l'importanza del problema delle piogge acide e la difficoltà a stare dall'altra parte della cattedra. Divertiti e contenti dell'esperienza, la rivivremmo volentieri.

ELENA E CLARA

[...] bisogna ammettere che non è stato facile riuscire a far capire le spiegazioni ai più piccoli e catturare l'attenzione dei più grandi. Una grande attrazione sono stati gli esperimenti che, nel silenzio, hanno dato vita a una serie di "Oooh!". L'impegno da parte di tutti noi non è mancato poiché, oltre a studiare, approfondire, riportare sui computer, siamo stati occupati anche alcuni pomeriggi dopo la scuola. Il risultato finale è stato molto soddisfacente poiché, oltre ad aver ricevuto diversi complimenti dai ragazzi e dai rispettivi insegnanti, abbiamo avuto l'occasione di apparire nel TG regionale su RAI 3. Sono stati ripresi e intervistati alcuni nostri compagni che, intrappolati dall'emozione, sono riusciti a dare poche risposte.

Queste considerazioni molto positive sono in linea con quelle già riscontrate nelle precedenti partecipazioni a "La matematica dei ragazzi".

Sembra tuttavia necessaria una riflessione conclusiva.

Mentre nelle precedenti edizioni ho presentato con le mie classi delle attività che noi stessi svolgevamo per la prima volta, mi è sembrato opportuno partecipare per l'ultima volta a "La matematica dei ragazzi" come insegnante (l'anno seguen-

te, sono andata, infatti, in pensione) con un'attività "super collaudata", che aveva caratterizzato la scuola di Mariano del Friuli per oltre vent'anni e che aveva dato anche parecchie soddisfazioni con premi e riconoscimenti, sia a livello locale che nazionale.

Osservando le reazioni degli allievi che hanno partecipato all'ottava edizione della manifestazione e confrontandole con quelle degli allievi delle edizioni precedenti, ho notato un minore coinvolgimento emotivo e un minore entusiasmo. Essendo già pronto il *know-how* necessario all'attuazione del percorso, frutto del lavoro degli alunni degli anni precedenti, e non essendoci bisogno di ulteriori apporti (come ad esempio l'elaborazione e costruzione di apparecchiature o l'ideazione di modalità operative), è forse mancata la gioia della scoperta, della creatività e dell'innovazione?

Le numerose esperienze di didattica non "tradizionale" e in, particolare, la partecipazione alle diverse edizioni di "La matematica dei ragazzi" mi hanno infatti indotto a pensare che il porsi degli alunni e dello stesso insegnante dinanzi a progetti che implicino necessariamente la scoperta e/o l'acquisizione di nuovi *know-how* risulti altamente gratificante sia per il docente che per gli allievi.

La maggior fatica richiesta sul piano cognitivo e su quello operativo viene ampiamente compensata dall'entusiasmo della scoperta e dall'acquisizione di nuove conoscenze e abilità, spesso raffinate. Nel corso delle attività alunni e docenti arrivano inoltre a costituire un vero gruppo di lavoro, che proverà difficoltà, ansie, ma, alla fine, soddisfazione quando il risultato innovativo sarà raggiunto.

Il mancato impegno nell'ideazione, progettazione e messa in atto di strumentazioni e procedure sperimentali, in quanto esse erano già disponibili, ha certamente determinato un livello più basso di motivazione, che, pur permettendo di ottenere un valido risultato formativo, ha prodotto una minore soddisfazione per il lavoro svolto.

NOTE

* Scuola secondaria di primo grado "Via Roma", Mariano del Friuli (GO) agicam@libero.it

1 Per una doverosa precisazione sulla distinzione esistente tra i concetti di *tempo atmosferico* e di *clima* si rinvia a FEDERICI, AXIANAS 1984, pp. 300-301.

2 CANDUSSIO 1985.

3 CANDUSSIO 1987.

4 Una pioggia viene definita "acida" quando il pH è inferiore a 5,6, mentre le piogge con pH superiori a 5,6 sono dette "non acide", anche se hanno un valore di pH inferiore a 7 (valore di neutralità nella scala del pH).

5 Per un riferimento storico su questo progetto consultare il sito web dei GRE citato alla fine del contributo.

6 CANDUSSIO 1989.

7 CANDUSSIO 1995.

8 CANDUSSIO 2002a, 2002b.

9 Per una più precisa valutazione della velocità del vento, si sarebbe potuto anche ricorrere a una girandola, per contarne i giri compiuti nell'unità di tempo. Era stato provato un anemometro manuale, ma esso si era rivelato poco efficace sia come strumento sia dal punto di vista didattico.

10 CARBONI 2003.

11 HEISELER, UHEREK 2006.

12 Per la trattazione sono stati utilizzati tredici poster sull'inquinamento atmosferico, editi da Legambiente.

13 Trattandosi di *serie storiche* che, dal punto di vista matematico sono funzioni definite su insiemi finiti, non avrebbe senso collegare tra loro i punti del grafico, ma ciò si fa ugualmente, per facilitarne la lettura. Quindi i valori compresi tra quelli misurati non corrispondono al valore reale della temperatura.

14 Per questo tipo di dati si possono usare anche i cosiddetti "diagrammi polari".

15 Nel sito web dei GRE citato si trova l'immagine di una pagina di *L'Espresso* dell'1 maggio 1988, che riporta i risultati e le ipotesi a cui erano pervenuti gli esperti dei GRE a conclusione del primo monitoraggio nel 1988: «[...] troviamo una situazione piuttosto seria in Friuli Venezia Giulia (valore medio regionale 4,64) [...] la regione giuliana è forse l'unica zona d'Italia in cui il fenomeno delle piogge acide non è solo autoprodotta, ma anche importata».

BIBLIOGRAFIA

CANDUSSIO G., 1985, *Prime esperienze di alunni di scuola media con gli elaboratori elettronici*, in «Atti del Convegno Computer e Didattica (Lignano Sabbiadoro 2-4 maggio 1985)», Trieste, IRRSAE FVG, pp. 99-106.

CANDUSSIO G., 1987, *Attività interdisciplinare e pacchetti applicativi (esperienze di alunni di II media)*, in «Atti del Convegno Computer e Didattica (Grado 28-30 aprile 1987)», Udine, IRRSAE FVG, pp. 207-222.

CANDUSSIO G., 1989, *Applicazioni matematiche e utilizzo del computer*

in attività interdisciplinari, «L'Insegnamento della Matematica e delle Scienze Integrate», 12(2), pp. 175-180.

CANDUSSIO G., 1995, *Clima e piogge acide*, in INVERNIZZI S. (a cura di), «Giornate di Didattica, Storia ed Epistemologia della Matematica in ricordo di Giovanni Torelli», Trieste, EUT, pp. 145-146.

CANDUSSIO G., 2002a, *Nel mondo delle calcolatrici e dei calcolatori*, in ZUCCHERI L., LEDER D., SCHERIANI C. (a cura di), pp. 131-137.

- CANDUSSIO G., 2002b, *Fogli elettronici e statistica*, in ZUCCHERI L., LEDER D., SCHERIANI C. (a cura di), p. 22.
- FEDERICI P. R., AXANIAS L., 1984, *Nuovi Lineamenti di Geografia generale*, Firenze, Bulgarini.
- PER APPROFONDIRE
- BAIRD C., 1997, *Chimica ambientale*, Bologna, Zanichelli.
- CURTIS H., SUE BARNES N., 1994, *Biologia*, Bologna, Zanichelli.
- SITI WEB
- CARBONI G., 2003, *Esperimenti con acidi e basi* in *Esperimenti Scientifici*, <www.funsci.com/fun3_it/acidi/acidi.htm>; sito consultato il 17/08/2012.
- CIRCOLO ASTROFILI TALMASSONS, 2003, <www.castfvg.it/zzz/ids/atmosfera_terrestre.html>; sito consultato il 17/08/2012.
- DI MENNO I., *Analisi delle condizioni micro-climatiche e ambientali per la conservazione di beni di interesse storico ed artistico*, <www.usrlazio.artov.rm.cnr.it/conclude/scienza2001/modulosnaturali/dimенno/pressione.htm>; sito consultato il 01/03/2010.
- EDUCARSI AL FUTURO - ENEA, *Pioggie acide*, <www.educarsialfuturo.it/pdf/Pioggie%20Acide.pdf>; sito consultato il 17/08/2012.
- EDUCARSI AL FUTURO - ENEA, *Storia dell'inquinamento*, <www.educarsialfuturo.it/pdf/Storia_inquinamento.pdf>; sito consultato il 17/08/2012.
- GRUPPI RICERCA ECOLOGICA (GRE) www.gruppiricercaecologica.it/progetti/html/pag41.html; sito consultato il 16/08/2012.
- STRAHLER A. H., 1984, *Geografia fisica*, Padova, Piccin.
- ZUCCHERI L., LEDER D., SCHERIANI C. (a cura di), 2002, *La matematica dei ragazzi: scambi di esperienze tra coetanei. Antologia delle edizioni 1996-1998*, Trieste, EUT.
- PINNA M., 1977, *Climatologia*, Torino, UTET.
- RICCI LUCCHI F., 1996, *La Scienza di Gaia. Ambienti e sistemi naturali visti da un geologo*, Bologna, Zanichelli.
- HEISELER A., UHEREK E. 2006, *L'ossidazione dello zolfo e la formazione degli acidi*, <www.atmosphere.mpg.de/enid/5bbbfbc33638965cdofcobce09814cf5,0/No_6_Feb_2_6_pioggie_acide/C_La_formazione_degli_acidi_5lw.html>; sito consultato il 17/08/2012.
- NON SOLO ARIA *Le piogge acide*, <www.nonsoloaria.com/piac.htm>; sito consultato il 17/08/2012.
- PICCOLO A. *Le deposizioni acide sui suoli*, <www.suprahumic.unina.it/home/images/pdf/Pioggie%20acide-capitolo_2_4.pdf>; sito consultato il 17/08/2012.
- SCIENZEINRETE 2007, *Riprodurre le piogge acide in Laboratorio di chimica*, <www.scienzeinrete.it/archives/31>; sito consultato il 17/08/2012.