

«FARE SCIENZA» AL LICEO UNA RICERCA DI GEOLOGIA SULL'ADAMELLO

Alessandra San Martino, Corrado Brissoni *

Michele Zucali **

Giulia Biffi, Francesca Arsuffi, Andrea Alamia,

Pietro Bottazzi, Carlo Gelmi ***

Più voci - dalla scuola e dall'università - raccontano la ricerca geologica che ha portato studenti di quarta liceo scientifico a vincere il primo premio di ScienzAfirenze 2022 nella sezione triennio. A dimostrazione che è possibile «fare scienza» anche alla scuola superiore.

* Docenti di Scienze naturali al Liceo scientifico Imberg di Bergamo

** Professore di Geologia Strutturale presso il dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio" dell'Università degli Studi di Milano

*** Studenti di quarta Liceo scientifico e Liceo scientifico delle scienze applicate Imberg di Bergamo.

Nel 2022 ScienzAfirenze, convegno scientifico nazionale per la scuola secondaria di secondo grado giunto alla XIX edizione, ha assegnato il primo premio, nella sezione triennio, a una «tesina» di ambito geologico svolta da studenti del liceo Imberg di Bergamo. Il lavoro, nato dalla interazione efficace tra studenti, insegnanti della scuola e strutture universitarie, è un buon esempio di un insegnamento/apprendimento basato sul metodo dell'esperienza, e dimostra i vantaggi del «fare scienza» alla secondaria di secondo grado. Abbiamo chiesto agli autori una riflessione sul lavoro che hanno svolto insieme. È nato questo intervento «a più voci», ognuna delle quali chiarisce la portata conoscitiva e formativa di una esplorazione scientifica del territorio.

La voce dei Docenti



Con cinque studenti della quarta liceo IsA/Is abbiamo partecipato al concorso "ScienzAfirenze" con un lavoro in ambito geologico dal titolo "Cosa racconta un'aureola di contatto?" L'esempio dell'Adamello.

Al lavoro presentato è stato assegnato il primo premio della sezione triennio; queste le motivazioni espresse dalla giuria: «Un lavoro di Scienze della Terra articolato e complesso, avanzato per una classe quarta: osservazioni sul campo, analisi ed elaborazione dei dati, formulazione teorica. Il lavoro ha avuto obiettivi concreti: costruzione di una carta geologica aggiornata, confronto di misure, modellizzazione e conferma dell'ordine di grandezza del fenomeno in studio. Interessante il rapporto con l'università sia nella fase iniziale sia nella fase finale per la caratterizzazione quantitativa realizzata con



strumenti informatici. La relazione è scritta con linguaggio accurato e corredata di schemi, tabelle, classificazioni e di una documentazione fotografica molto buona.»

Il lavoro completo è consultabile sul sito del concorso al seguente [link](#).

La decisione di partecipare è nata in modo un po' inaspettato in seguito allo svolgimento di un progetto PCTO (Percorso per le Competenze Trasversali e l'Orientamento, legge 145/2018), proposto all'intera classe in collaborazione con l'Università degli Studi di Milano. Il progetto infatti è stato elaborato in collaborazione e con la diretta partecipazione del professor Michele Zucali, docente di Geologia Strutturale presso il dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio" dell'Università degli Studi di Milano, che ha guidato il lavoro fin dalle prime fasi sul terreno. I ragazzi divisi in gruppi di lavoro hanno poi proseguito il lavoro sempre sotto la sua guida nella fase successiva di elaborazione e approfondimento; questa si è conclusa con la messa a punto per ciascun gruppo, di un *Power Point* contenente le osservazioni, i risultati e alcune conclusioni rispetto a quanto visto, presentato e discusso alla presenza di alcuni studenti magistrali del professor Zucali presso l'università di Milano.

Questo lavoro ha visto i ragazzi protagonisti di un dialogo vivace con i loro insegnanti e con il professor Zucali durante il quale sono emerse numerosissime domande. Abbiamo quindi deciso, grazie a ulteriori approfondimenti affidati al lavoro di cinque studenti particolarmente coinvolti, di partecipare a ScienzaFirenze vista anche la pertinenza delle dinamiche osservate con il tema del concorso di questo 2022: *Le domande cruciali nel fare scienza. Fenomeni, indizi, esperimenti*.

Introduciamo solo brevemente il lavoro scientifico che si è svolto sul terreno; alcune fasi salienti saranno in seguito descritte nel contributo dei nostri studenti come esempio del metodo secondo il quale hanno lavorato durante la fase di rilievo geologico sul terreno.

Si è trattato di un'escursione geologica presso il bordo meridionale dell'Adamello, in provincia di Brescia, nella zona compresa tra Malga Cadino e la Valle di Cadino fino al passo e al lago della Vacca; il passo di Valfredda e l'omonima valle fino a Bazena.

La zona attraversata è particolarmente significativa in quanto le rocce esposte lungo pochi chilometri di sentiero esprimono correlazioni che permettono la ricostruzione di eventi geologici avvenuti dal triassico lungo diversi milioni di anni, fino a generare il paesaggio attuale.

Rimandiamo come detto il dettaglio delle osservazioni sul terreno, le domande che hanno suscitato e le interpretazioni che abbiamo potuto fornire al contributo scritto dagli studenti e al pdf del lavoro, sottolineiamo qui piuttosto alcuni aspetti che riteniamo interessanti sia dal punto di vista didattico e metodologico che riguardo alla collaborazione con l'università.

Il metodo di lavoro

Il nostro lavoro quotidiano fa riferimento, ovviamente, al Curricolo di istituto per le Scienze naturali in cui abbiamo sottolineato l'importanza di «Non studiare le scienze ma guardare la natura da scienziati». E anche alle *Indicazioni Nazionali* per il liceo scientifico in cui si legge: «Al termine del percorso liceale lo studente possiede le conoscenze disciplinari e le metodologie tipiche delle scienze della Terra, della chimica e della biologia. Queste diverse aree disciplinari sono caratterizzate da concetti e da metodi di indagine propri, ma si basano tutte sulla stessa strategia dell'indagine scientifica che fa riferimento anche alla dimensione di "osservazione e sperimentazione" [...]. L'acquisizione di questo metodo, secondo le particolari declinazioni che esso ha nei vari ambiti, unitamente al possesso dei contenuti disciplinari fondamentali, costituisce l'aspetto formativo e orientativo dell'apprendimento/insegnamento delle scienze. Questo è il contributo specifico che il sapere scientifico può dare all'acquisizione di "strumenti culturali e metodologici per una comprensione approfondita della realtà" [...] In tale percorso riveste un'importanza fondamentale la dimensione sperimentale, dimensione costitutiva di tali discipline e come tale da tenere sempre presente. Il laboratorio è uno dei momenti più significativi in cui essa si esprime, in quanto circostanza privilegiata del "fare scienza" attraverso l'organizzazione e l'esecuzione sistematica di attività sperimentali, che possono svolgersi anche sul campo, in cui in ogni caso gli studenti siano direttamente e attivamente impegnati. [...] Il percorso dall'ideazione dell'esperimento alla discussione dei risultati ottenuti aiuta lo studente a porre domande, a raccogliere dati e a interpretarli, a porsi in modi critico di fronte ai problemi, acquisendo man mano gli atteggiamenti e la mentalità tipici dell'indagine scientifica.»

Dal punto di vista metodologico non abbiamo progettato l'escursione come una bella lezione all'aperto, ma quello che abbiamo voluto proporre è stato un lavoro scientifico secondo il metodo dell'esperienza.

Ci rendiamo conto che l'espressione «metodo dell'esperienza» possa sembrare più adatta per classi della primaria e inadeguata a una classe di liceo.

Ma che cos'è l'esperienza? E perché usare questo metodo non è in conflitto con la necessità di maturare la capacità di astrazione o quella di studio e rielaborazione proprie dell'esperienza liceale?

Tutto sta in quello che si intende col termine stesso, «esperienza».

Questo per noi non è un semplice «far fare», far mettere «le mani in pasta» invece che «la testa sui libri», ma mettere in atto ogni strategia che possa far ritrovare agli studenti il gusto della scoperta grazie alle domande che la natura pone; ritrovare il gusto della conquista di teorie, leggi e modelli come la conquista di una ragione aperta e disponibile a lasciarsi guidare da ciò che vede, dai dati, aprendosi infine con maggiore disponibilità anche allo studio, certamente necessario caratterizzante l'esperienza liceale.

Questa possibile dinamica pensiamo sia tra gli aspetti più salienti del valore educativo delle scienze e in particolare forse delle Scienze della Terra, dove è indiscutibile l'imponenza del dato che unisce la bellezza e il fascino del «macro» con il rigore e la necessità di uno sguardo indagatore del «micro». Viene così facilitato quello che pensiamo sia il punto di partenza *sine qua non* diventa difficile imparare davvero: l'insistente emergere di domande.

Proprio intorno a questo obiettivo abbiamo costruito il lavoro durante e dopo l'escursione, che poi ci è parso particolarmente pertinente al tema del concorso ScienziAfirenze di quest'anno: i giorni di cammino e i successivi approfondimenti sono stati caratterizzati da un vivace dialogo tra noi e gli studenti, dialogo che non ha voluto fornire innanzitutto risposte preconfezionate da parte nostra, ma ha piuttosto incoraggiato e stimolato la loro curiosità e capacità critica durante il susseguirsi di interrogativi sempre nuovi, sia quelli particolari più circoscritti alle singole osservazioni di terreno che, procedendo nel lavoro, di quelli più decisivi.

Una domanda tra tutte ha segnato il salto di qualità del lavoro così come è stata l'*input* per un sempre maggiore e più motivato impegno da parte degli studenti coinvolti: quale significato può esistere, esiste un nesso tra le tante osservazioni fatte? È possibile che tutto indichi una interpretazione unitaria e sintetica?

Il prezioso rapporto scuola-università. Anche qui, una questione di metodo (anche in classe)

«[...] l'imponenza del dato di natura: il dato guida il pensiero e non viceversa. Questo declinato sicuramente in laboratorio e durante eventuali uscite sul campo, come preoccupazione costante nella programmazione e strutturazione delle lezioni [...]» In particolare, per quanto riguarda le Scienze della Terra: «Riteniamo, anche tenendo conto di indicazioni emerse grazie al dialogo col mondo universitario, di limitare l'approccio classificativo allo stretto necessario e privilegiare un approccio che partendo dalle dinamiche del pianeta Terra, introduca allo studio dei vari argomenti della disciplina. Premessa irrinunciabile sarà quindi l'osservazione di dati di natura reperibili in rete o da altre fonti e, ogni volta che sarà possibile, raccolti da osservazioni sul terreno.» (dal Curricolo di istituto per le Scienze naturali)

Con queste brevi citazioni dal nostro curriculum di istituto vorremmo descrivere il tentativo di introdurre la dimensione sperimentale contenuta nel racconto dell'escursione e del lavoro che ne è seguito, anche nel normale lavoro di classe. In questo lavoro ha, e ha avuto per noi, un grande valore l'interazione con l'università di Milano in particolare nella persona del professor Michele Zucali con il quale è attiva ormai da anni una collaborazione relativamente alla didattica delle scienze della Terra che non prende solo la forma di uscite sul terreno. Anzi si è rivelata preziosa per noi docenti come occasione di formazione e dialogo continui nella messa a punto di strategie didattiche per le nostre lezioni quotidiane grazie a un assiduo confronto sui metodi e gli strumenti più adeguati per conseguire gli obiettivi espressi nel nostro curriculum di istituto.



Studenti e insegnanti sulla porta della scuola

La collaborazione con l'università, in questi anni, si è rivelata preziosa anche in altre forme per gli studenti, specialmente del triennio, in quanto ha concesso loro la possibilità di «affacciarsi» al mondo universitario e sperimentarne gli strumenti, gli stili e la profondità del lavoro uscendo un po' dagli schemi scolastici. Durante queste esperienze i ragazzi hanno sperimentato una modalità di lavoro nella quale è possibile, anzi auspicabile, interrogarsi, tentare di rispondere ai quesiti che sorgono, cambiare strada, insomma indagare attraverso il metodo scientifico. Infine, durante i numerosi progetti attuati, sono stati incoraggiati a relazionarsi direttamente con il professor Zucali senza «l'intermediazione» dei loro docenti e per molti di loro questa si è rivelata un'occasione preziosa di crescita e maturazione.

*Alessandra San Martino e Corrado Brissoni
(Docenti di Scienze naturali al Liceo scientifico Imiberg di Bergamo)*

La voce dell'Università

La scienza è fatta di domande, le domande le possiamo raccogliere un po' ovunque, spesso dalla nostra esperienza quotidiana. L'Università, e in particolare la ricerca universitaria, fa di questo processo la scintilla costituente per lo stimolo alla ricerca scientifica. La Scuola, dal canto suo, insegna il metodo scientifico, talvolta riproducendone le esperienze nei propri laboratori, stimolando e infiammando le menti dei giovani e di chi, tra loro, nel prossimo futuro intraprenderà la strada della ricerca. In questo contesto, le «collaborazioni» tra Università e Scuola sono cruciali e hanno come primo obiettivo la condivisione dell'amore per la scienza e l'osservazione del mondo che ci circonda, con occhi e approcci moderni, cui si associa la necessità di ridurre la distanza tra scuola e mondo accademico, fondamentale per approcciare le sfide del futuro, sia in ambito lavorativo che, più in generale, nella società.

La collaborazione tra Università e Scuola si può sviluppare in molti modi, da informali a decisamente formali e istituzionalizzati, dedicati sia al ciclo primario che a quello secondario, primo e secondo grado. Inoltre, possono essere indirizzate non solo agli studenti ma anche ai loro docenti. Spesso le collaborazioni sfruttano gli ambienti laboratoriali e museali a disposizione sia nelle scuole che nei dipartimenti universitari.

Tralasciando i canali informali di collaborazione, dove docenti universitari vengono richiesti per brevi incontri di scoperta scientifica in singole classi, oppure chiamati a dare un veloce sguardo sugli argomenti di studio e delle possibilità lavorative specifiche del proprio indirizzo universitario, in ambito scientifico la collaborazione tra università e scuola si delinea in due canali principali: Piano Lauree Scientifiche (PLS) e Percorsi per le Competenze Trasversali e l'Orientamento (PCTO)/ex Alternanza Scuola Lavoro.

Il PLS ha come idea di base l'avvicinamento degli studenti del secondo ciclo alla scelta universitaria scientifica, organizzando attività che coinvolgono non solo gli studenti ma anche i docenti. In questo il PLS è stato ed è tuttora un progetto fondamentale per alzare la qualità della collaborazione, avendo messo a stretto contatto numerosi docenti della scuola e università nella programmazione e sviluppo di attività e metodologie didattiche innovative, «fondamentali» per un moderno insegnamento delle scienze nella scuola. Il PLS ha anche cercato di affrontare un problema importante nella eterogeneità di formazione dei docenti di scienze della scuola, dove la maggior parte proviene da studi biologico-naturalistici, mancando spesso di conoscenze solide per alcune materie, ad esempio le Scienze della Terra. Il problema, a mio parere, non riguarda tanto i contenuti quanto la capacità di sviluppare metodologie moderne, innovative e accattivanti quando gli argomenti non sono i propri.

Immagine

Il PCTO, al contrario, lavora sostanzialmente sugli studenti e sulla possibilità, anche su tempi relativamente brevi (progetti da 20-40 ore), di approfondire tematiche poco o per nulla conosciute attraverso piccoli progetti scientifici. Attraverso l'offerta PCTO è possibile, per studentesse e studenti interessati,



Gli studenti del liceo Imiberg presentano, al Dipartimento di Geologia dell'Università di Milano, la prima fase del loro lavoro, svolto nell'ambito del PCTO

fare un primo ingresso nel mondo universitario, e nelle sue strutture, per percepire le sensazioni tipiche dello studio accademico e della ricerca.

In questo ambito di collaborazioni, la particolarità delle Scienze della Terra è che oltre ad approfondire i temi della ricerca nei normali laboratori, dove sottoporre a critica le teorie, ha a disposizione il laboratorio naturale dove i processi delle Scienze della Terra continuano, lentamente ma incessantemente, a trasformare e modellare il Pianeta. Tali processi lavorano in superficie come in profondità. Chi studia le rocce che affiorano in superficie, come quelle estratte attraverso carotaggi profondi, permettono l'osservazione dei risultati di processi avvenuti «milioni di anni fa».

Questa peculiarità permette un approccio molto innovativo e completamente ribaltato, mettendo al centro dell'esperienza conoscitiva la studentessa e lo studente che si dedicano all'osservazione, alla descrizione, alla raccolta dei dati geologici sul campo. Ed è stato proprio il campo, e in particolare la produzione di una carta geologica, l'elemento vincente di questa attività che ha poi portato al progetto presentato a ScienzaAfirenze 2022 dagli studenti dell'istituto Imiberg (Bergamo), dal titolo:

Cosa racconta un'aureola di contatto? L'esempio dell'Adamello. Dalla valle del Cadino al Lago della Vacca e la Val Fredda (Gruppo montuoso dell'Adamello, Provincia di Brescia).

Per due giorni, compreso il pernottamento in rifugio a 2300 metri di quota presso il Lago della Vacca, hanno lavorato come geologi di campo che producono una carta geologica, lo strumento base della geologia per lo studio e la gestione consapevole del territorio. Non è un lavoro facile, neppure poco faticoso, richiede di unire sforzo fisico a quello mentale e alla capacità di osservare e sintetizzare durante il percorso sul campo, perché «non è possibile portarsi a scuola o in laboratorio tutta la montagna!»

Dal risultato già sorprendente di questa attività PCTO, e grazie alle precedenti collaborazioni in ambito PLS con il Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio" dell'Università degli Studi Milano-Statale, il passo successivo è stato un continuo scambio, spesso intenso e intellettualmente impegnativo, fino alla produzione del progetto per ScienzaAfirenze 2022. Nel progetto sono stati in grado di passare dalle osservazioni a scala di qualche chilometro alla teoria delle Scienze della Terra studiate sui libri, per poi tornare a confrontarsi con le loro osservazioni originali e la possibilità di rispondere a delle domande scientifiche di grande importanza, spesso terminando con altre e più interessanti domande. Questa è la scienza e questa è la potenzialità dei giovani, se ben stimolati all'osservazione.

Michele Zucali

(Professore di Geologia Strutturale presso il dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio" dell'Università degli Studi di Milano)



Gli studenti dell'Imiberg durante l'esplorazione del territorio, guidati dal professor Zucali

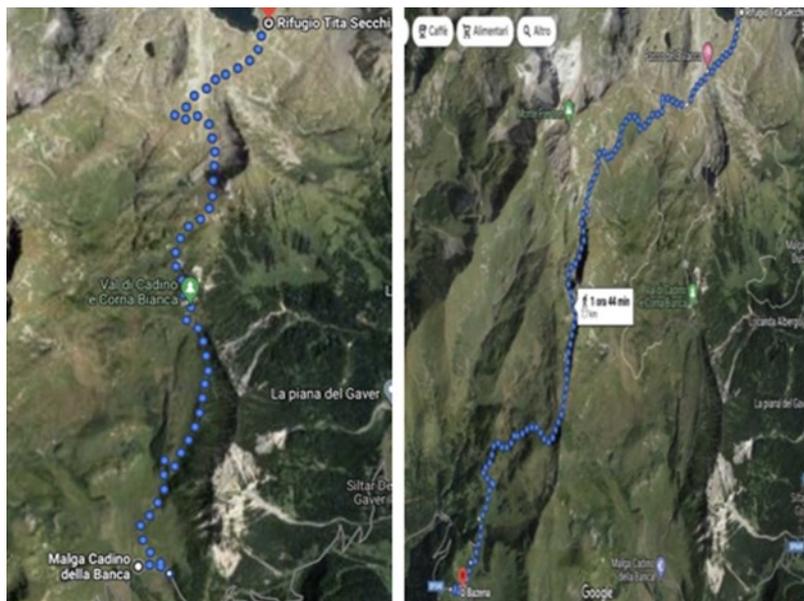
Il Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio" dell'Università degli Studi di Milano offre molte attività per insegnanti. La Commissione per la divulgazione delle Geoscienze si occupa della definizione e attuazione di queste attività, di concerto con i docenti del Dipartimento. Gli ApeGeo, Aperitivi Scientifici coi Piedi per Terra! (<https://www.dipterra.unimi.it/ecm/home/terza-missione/apegeo>) sono certo l'attività più famosa, oramai attivi da molti anni, sono un riferimento per insegnanti, studenti e curiosi in genere. Il calendario ApeGeo viene aggiornato ogni anno scolastico/accademico, introducendo nuovi temi di interesse generale, dando spazio proprio alle richieste degli insegnanti per approfondire i temi delle Scienze della Terra. In aggiunta, il Dipartimento offre visite alle collezioni Mineralogiche, Petrografiche e Giacimentologiche, dove sono esposti oltre 1.400 campioni di minerali, circa 250 gemme naturali e sintetiche, un migliaio di campioni di rocce e altrettanti campioni di interesse giacimentologico. Sono offerti laboratori di Minerali, Rocce, Fossili e Geologia applicata, per approfondire i vari temi attraverso un approccio diretto, pratico, arricchito dallo scambio tra docenti e studenti. Per informazioni, orientageo@unimi.it e <https://www.dipterra.unimi.it/ecm/home/terza-missione>.

La voce degli studenti

In queste righe sarà esposto il lavoro scientifico di raccolta e discussione dati svoltosi sul terreno lungo la Valle di Cadino e la Val Fredda al margine meridionale del parco dell'Adamello, grazie al quale abbiamo poi potuto studiare e comprendere alcuni dei processi geologici del passato qui avvenuti nel corso di milioni di anni e come questi hanno generato il paesaggio attuale.

A fine settembre abbiamo percorso le due valli in direzione Sud-Nord e Nord-Sud durante due giorni di cammino; eseguendo alcune tappe lungo i sentieri in corrispondenza degli affioramenti rocciosi sui quali abbiamo lavorato.

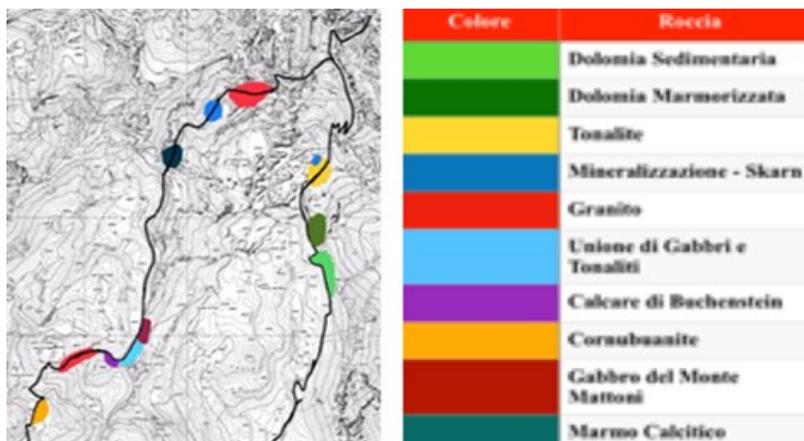
Immagine satellitare dei sentieri percorsi : a sinistra in direzione Sud-Nord; a destra in direzione Nord-Sud



Descriviamo di seguito il lavoro relativo alle prime quattro tappe del percorso, particolarmente esemplificative del metodo di lavoro seguito, il metodo scientifico.

Abbiamo classificato le rocce affioranti considerando diversi aspetti: il colore e la tessitura così come il risultato di alcuni test chimico-fisici; il contesto geologico; la discussione di tutti i risultati ottenuti in un dialogo con i nostri insegnanti e in particolare con il professor Zucali.

Questo lavoro ci ha permesso di realizzare una carta geologica originale, riportata a fianco, che aiuta a comprendere l'evoluzione del territorio; per un ulteriore approfondimento vi invitiamo a consultare la nostra tesina al seguente [link](#).



La nostra carta geologica con la relativa legenda

Tappa 1

Colore e tessitura

La roccia affiorante è di colore grigio. La caratteristica più evidente sono le laminazioni bicromiche alternate, strati che presentano due sfumature di grigio, uno più chiaro e uno più scuro, la roccia contiene anche clasti.

Abbiamo riflettuto sul significato della presenza delle laminazioni alternate per capire a quale famiglia la roccia potesse appartenere: magmatica, sedimentaria o metamorfica.

Dopo aver escluso la prima opzione perché i piani di stratificazione avevano uno spessore troppo sottile per pensare che la loro formazione fosse avvenuta a seguito di colate di lava successive, abbiamo considerato l'ipotesi che fosse sedimentaria cercando conferme grazie ad alcuni test.

Test chimico-fisici: abbiamo eseguito il test dell'HCl. Questo test permette di accertare la natura carbonatica delle rocce: reagendo con queste particolari rocce infatti produce effervescenza dovuta ad una reazione con i carbonati che sviluppa CO₂.



Momenti di lavoro sul primo affioramento: una roccia grigia a strati. A destra un campione della roccia studiata classificata come «dolomia principale»

Utilizzando una soluzione al 5% di HCl la reazione identifica il calcare, mentre con una concentrazione al 10% la reazione identifica anche la dolomia, entrambe rocce sedimentarie organogene. L'acido invece non reagisce con i silicati.

Abbiamo potuto osservare che, utilizzando la soluzione di HCl a concentrazione 5%, la reazione avveniva solo lungo le fratture di colore più chiaro e da questo abbiamo dedotto la presenza di CaCO_3 . Eseguendo il test dell'HCl al 10% abbiamo invece ottenuto la reazione su tutta la superficie della roccia; quest'ultimo risultato ci ha permesso di ipotizzare che si trattasse di dolomia (carbonato doppio di Ca e Mg).

L'ipotesi è stata poi confermata grazie a un ultimo test, quello del «fetore alla percussione», eseguito martellando una porzione di roccia con un martello. L'odore liberato dalla roccia percossa ci ha permesso di considerare la presenza di materia organica tuttora in via di decomposizione anaerobica. Questa evidenza ci ha confermato l'origine sedimentaria marina della roccia e ci ha fatto automaticamente escludere l'ipotesi di una sua natura metamorfica, in quanto i processi di metamorfismo avrebbero cancellato ogni traccia di materia organica.

Discutendo le nostre osservazioni con il professor Zucali abbiamo potuto classificare la roccia affiorante come «dolomia principale», roccia di origine marina, con letti stromatolitici risalenti al periodo triassico; inoltre dal momento che la materia organica si fa risalire a organismi fotosintetici, e dunque alla necessaria presenza di raggi solari, possiamo ipotizzare che la roccia si sia formata in condizioni di mare poco profondo.

Tappa 2

Per descrivere in modo adeguato l'affioramento mostrato nell'immagine bisogna considerare le tre rocce di cui è composto: la dolomia precedentemente descritta, la roccia scura (da qui in poi roccia A) visibile nella foto e uno strato molto sottile (da qui in poi roccia B), poco visibile in foto, di colore chiaro a contatto tra le due. Dal momento che la dolomia è già stata descritta nel punto precedente, di seguito ci concentriamo sulle altre due rocce



Affioramento della seconda fermata con (a destra) un maggior dettaglio sulla roccia A

Roccia A

Colore e tessitura: roccia che si presenta di colore grigio scuro, nella quale abbiamo potuto osservare con la lente d'ingrandimento la presenza di cristalli molto piccoli riconoscibili dalla lucentezza e dalla forma regolare, riconoscendo quindi una tessitura microcristallina.

Test chimico-fisici: la roccia non reagisce al test né al 5% né al 10%, e non si riga con un chiodo di acciaio.

Tutte queste osservazioni ci hanno portato a ipotizzare che la roccia A fosse una roccia ignea.

Roccia B

Colore e tessitura: osservando con attenzione abbiamo rilevato nella parte di contatto tra la roccia A e la dolomia uno strato millimetrico di roccia bianca con tessitura saccaroide.

Test chimico-fisici: la roccia reagisce con HCl al 10% come la dolomia della tappa 1. Ragionando su quanto osservato con l'aiuto del professor Zucali, abbiamo concluso che la roccia B poteva essere il risultato di una trasformazione relativa al colore e alla tessitura della dolomia a contatto con la roccia A. Abbiamo considerato l'ipotesi che si potesse interpretare come una trasformazione dovuta al calore dissipato dal magma intruso nella dolomia che, una volta solidificato, costituisce oggi la roccia A.

Abbiamo quindi riconosciuto le condizioni che generano rocce metamorfiche per metamorfismo di contatto.

In base a tutte queste osservazioni e ragionamenti, abbiamo potuto confermare le prime ipotesi e classificare: la roccia A come «roccia ignea intrusiva»; anche se la tessitura lascerebbe presupporre un'origine effusiva, l'origine è invece chiaramente intrusiva (vedi foto), la tessitura molto fine si può spiegare grazie alla velocità di raffreddamento del magma, dovuta al piccolo spessore dell'intrusione e forse alla vicinanza alla superficie; la roccia B come dolomia metamorfosata, «dolomia marmorizzata», per effetto termico. Questa roccia deriva dalla dolomia principale che circonda il filone intruso.

Tappa 3



Momenti di lavoro alle pendici della Corna Bianca, a destra un campione della roccia di cui è composta, classificata poi come «dolomia marmorizzata»

La Corna Bianca è un affioramento roccioso di circa 200 metri di altezza, una vera e propria montagna costituita sostanzialmente dal tipo di roccia descritto sotto:

Colore e tessitura: è composta da roccia bianca con tessitura saccaroide del tutto simile allo straterello di roccia B osservato nella tappa precedente, al contatto tra filone igneo e dolomia.

Test chimico-fisici: Anche i risultati di questo test fanno pensare a una analogia con la roccia B della tappa 2: reagisce infatti con HCl al 10%.

Le nostre osservazioni, se considerate in accordo con quanto osservato nella tappa precedente, indicano per analogia che la roccia della Corna Bianca possa essere stata in origine dolomia poi trasformata in dolomia marmorizzata per effetto termico, cioè abbia subito metamorfismo di contatto a causa di un magma intruso.

Discutendo i risultati, le osservazioni e queste prime ipotesi con il professor Zucali abbiamo capito che un effetto metamorfico su una massa rocciosa così grande come la Corna Bianca sarebbe stato possibile solo ammettendo l'esistenza di una fonte di calore di dimensioni importanti, circa 2 Km di spessore. Abbiamo potuto formulare questa ipotesi riconsiderando quanto osservato alla tappa precedente dove un'intrusione di circa 2 m di spessore aveva prodotto i suoi effetti di metamorfismo su uno spessore di roccia preesistente di circa 2 cm.

Siamo quindi ripartiti con gli occhi ben aperti a caccia di tracce, testimonianze, evidenze di quelle che avrebbero potuto essere state le fonti di calore.

Tappa 4

Già poche decine di metri più a nord della Corna Bianca abbiamo incominciato a notare affioramenti di rocce granitoidi, di seguito la descrizione particolare dell'affioramento più significativo della tappa 4.

Colore e tessitura: la roccia presenta una tessitura granitoide e non presenta clasti ma cristalli sia di colore chiaro che neri di grandi dimensioni (anche diversi centimetri!).

Test chimico-fisici: La roccia non si riga con il chiodo di acciaio e non reagisce all'HCl né al 5 né al 10%.

Da queste caratteristiche abbiamo dedotto che si trattasse di una roccia magmatica intrusiva.

Con l'aiuto del professor Zucali abbiamo discusso le osservazioni fatte sull'affioramento e tratto alcune conclusioni valide anche per altre rocce affioranti nella stessa zona, abbiamo identificato i principali minerali presenti in queste rocce come plagioclasti e anfiboli e abbiamo potuto quindi affinarne la classificazione riconoscendole appartenenti al gruppo delle rocce magmatiche intrusive femiche, in particolare «tonaliti» e/o «gabbri».

In cammino fino al rifugio Tita Secchi al lago della Vacca

Proseguendo fino al rifugio Tita Secchi, dove avremmo pernottato, camminando per qualche chilometro sul tipo di roccia descritta alla tappa 4, ci siamo resi conto di essere all'interno di una ex camera magmatica!

E sulla via del ritorno....

Il giorno successivo, percorrendo le tappe del ritorno lungo una valle con andamento sostanzialmente parallelo a quello dell'andata, ci siamo imbattuti nelle stesse categorie di rocce, ma se all'andata, procedendo da Sud verso Nord, abbiamo potuto osservare prima rocce sedimentarie (dolomia principale), successivamente rocce metamorfiche (dolomia marmorizzata) e infine rocce magmatiche (tonaliti e gabbri); durante il ritorno, da Nord verso Sud, abbiamo osservato le stesse tipologia di rocce in ordine inverso: prima le magmatiche, poi le metamorfiche e infine le sedimentarie.

Dai numerosi interrogativi, la prosecuzione del lavoro

Ragionando su quanto osservato ci siamo resi conto di una certa regolarità nella disposizione relativa delle tre famiglie di rocce nell'area, questa evidenza ci ha posto molte domande, in particolare quella relativa a una possibile ipotesi sintetica che spiegasse tutte le osservazioni fatte.

Tale ipotesi è maturata durante il lavoro nelle settimane successive in particolare nel dialogo con il professor Zucali che ci ha aiutati a raccogliere e ordinare le nostre osservazioni in una presentazione esposta ai suoi studenti magistrali nel mese di novembre.



Affioramento di roccia cristallina, poi classificata come «roccia magmatica intrusiva femica»; a destra un maggior dettaglio



Il lago della Vacca, nei pressi del rifugio Tita Secchi; tutt'intorno si possono vedere rocce ignee intrusive femiche

In generale abbiamo potuto cogliere i nessi fra molte delle osservazioni fatte, sono quindi iniziate a emergere le prime ipotesi interpretative (vedi tesina) secondo le quali tutto quello che è oggi visibile ai nostri occhi è stato generato da un'intrusione magmatica in una roccia sedimentaria che all'epoca dell'intrusione era già in posto. Questa ha subito e porta quindi i segni dell'effetto del calore dissipato dal magma sia come ricristallizzazioni che come nuove mineralizzazioni costituendo quello spessore di rocce metamorfiche che circonda l'intrusione che viene chiamata «aureola di contatto».

Questo «salto logico» e la comprensione delle interazioni tra tipi di rocce si è reso evidente anche nell'affinamento di una nuova terminologia che abbiamo imparato a usare.

Da «rocce sedimentarie» siamo passati a «corpo incassante»; da «rocce metamorfiche» a «aureola di contatto» e da «rocce magmatiche» a «corpo intrusivo».

Come aiuto alla comprensione di quanto scritto, abbiamo preparato una animazione che si può trovare a questo [link](#).

Alcune particolarissime evidenze di terreno come conferme all'ipotesi

Lungo tutto il percorso abbiamo inoltre potuto osservare molte altre tipologie di rocce oltre a quelle qui descritte, alcune di queste hanno assunto un significato particolare durante il nostro lavoro man mano che la nostra comprensione di quanto osservato cresceva, in particolare quelle riconducibili all'azione del calore dissipato, e cioè tutte le rocce che costituiscono l'aureola di contatto. Ne descriviamo qui in particolare due.

Minerali metamorfici

In alcuni punti del sentiero, al contatto tra roccia sedimentaria e roccia ignea, abbiamo potuto osservare i minerali rosa e verdi visibili nell'immagine a lato, noti come minerali metamorfici. Questi si formano perché le combinazioni fra ioni nei minerali metamorfici sono più stabili di quelle delle rocce di partenza in condizioni di alta temperatura, la loro stessa esistenza si può considerare quindi una conferma dell'ipotesi dell'intrusione.

Xenoliti

L'immagine sotto mostra lo xenolite osservato alla tappa 4: un blocco di dolomia marmorizzata incastrato in un affioramento di roccia ignea intrusiva. Rocce come questa prendono il nome di «xenoliti», termine che viene dal greco e indica una «roccia straniera»: apparentemente estranea come composizione mineralogica al contesto nel quale si trova.

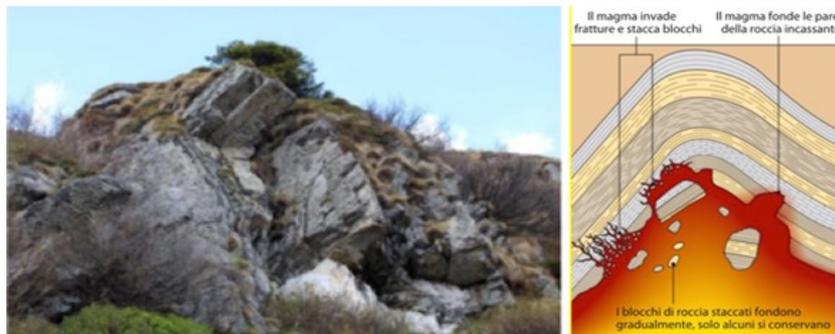
Si può ragionevolmente giustificare l'origine, in questo caso specifico, grazie all'ipotesi dell'intrusione. Ricordiamo che la dolomia marmorizzata infatti origina dalla trasformazione di dolomia principale per metamorfismo termico. Il blocco rimasto incluso nel corpo intrusivo potrebbe essere quindi una porzione dell'incassante caduta nel magma in raffreddamento che non ha fuso ma ha subito gli effetti del calore residuo da esso dissipato. Col procedere del raffreddamento il magma ha solidificato includendo il blocco metamorfosato che è parte dell'affioramento che oggi osserviamo e convincente testimone dell'ipotesi dell'intrusione.



Reinterpretazione delle rocce osservate, / a nuova terminologia



Minerali rosa e verdi (metamorfici) al contatto tra dolomia e roccia ignea



A sinistra uno degli xenoliti osservati sul terreno, a destra schema concettuale delle prime fasi della genesi di uno xenolite

A conclusione di questa avventura ...

L'aspetto più interessante relativamente al metodo seguito è stato quello per cui durante questa avventura la raccolta dei dati e l'osservazione della natura ci hanno portato da una parte a rispondere ad alcuni interrogativi, ma soprattutto ne hanno aperti via via di nuovi e sempre più profondi.

Questa esperienza, ricca di approfondimenti e di spunti, ci ha aiutati ad aprire la mente a una nuova dimensione per comprendere la bellezza della natura in modo diverso e più profondo.

Il lavoro ha sviluppato in noi una curiosità spontanea e sempre maggiore che ci ha spinti a contribuire al progetto con entusiasmo per comprendere ancora meglio le nostre scoperte.

I nostri occhi di fronte a un panorama di montagna che si estende maestoso faticano a trattenere la meraviglia e lo stupore, ma quest'ultimo diventa ancora più profondo, acuto, sincero nel momento in cui si scopre l'origine, la ragione di quel determinato paesaggio e cambia il modo di guardare la realtà e la natura che ci si presenta dinnanzi.

È un'esperienza di conoscenza più profonda che aumenta lo stupore.

È un po' come ammirare un'incantevole opera d'arte dopo averla analizzata, riuscendo a cogliere gli aspetti più profondi, meravigliandosi di fronte a dettagli e particolari che a una prima visione passerebbero inosservati.

Giulia Biffi, Francesca Arsuffi, Andrea Alamia, Pietro Bottazzi, Carlo Gelmi

(Studenti di quarta Liceo scientifico e Liceo scientifico delle scienze applicate Imberg di Bergamo)