



## Check up dell'aula

Microbiologia sul campo: resoconto di un'indagine scientifica sull'inquinamento microbico indoor in una scuola.

■ ■ ■ ■ ■  
MARCO CRISPIATICO

**D**a alcuni anni, il liceo della comunicazione con opzione ambientale dell'istituto M. Immacolata di Gorgonzola conduce studi sul campo per rilevare la qualità dell'aria esterna nel territorio in cui è ubicato. Durante lo scorso anno scolastico è stato avviato un modulo facoltativo pomeridiano con un gruppo di studenti del triennio per monitorare anche aspetti

della qualità dell'aria in ambienti indoor. Ambiziosi gli obiettivi del progetto: sviluppare negli studenti comportamenti utili a ridurre l'inquinamento in ambienti confinati, far acquisire tecniche di prelievo e analisi di campioni con strumentazione specifica e abituarli a una metodologia di indagine fondata sull'uso delle conoscenze acquisite a lezione.

### Scoprire se l'aula "soffre"

È ormai noto il ruolo che inquinanti aerodispersi negli ambienti confinati (per esempio formaldeide, benzene, diossido di carbonio, diossido di azoto, ma anche batteri e muffe), rivestono nello sviluppo di sindromi aspecifiche oppure tossinfettive e cancerogene denominate nel complesso "malattie da edificio malato" o SBS (Sick Building Syndrome) [1]. È quindi di grande interesse osservare la rilevanza di un eventuale inquinamento dell'aria nelle aule scolastiche, ambienti in cui i ragazzi trascorrono buona parte del tempo. Il nostro studio si è concentrato sull'analisi microbiologica, che ha permesso di sviluppare in maniera più approfondita, con una "indagine sul campo", gli aspetti teorici della microbiologia trattati nelle ore di scienze.

### L'indagine

La ricerca è stata condotta tra aprile e maggio 2011 e ha interessato i quattro edifici del nostro istituto: scuola materna, primaria, secondaria di primo grado e secondaria di secondo grado. In ognuna di queste strutture sono state prese a campione due aule; inoltre sono stati analizzati alcuni locali a uso particolare come palestra, mensa, segreteria, aula magna. Tutti i siti monitorati sono ad aerazione naturale e provvisti di impianto di riscaldamento centralizzato mediante pannelli radianti; la palestra è dotata di ventilazione forzata con bocchettoni. Al momento delle rilevazioni tutti gli impianti erano spenti. I campioni d'aria sono stati prelevati sia in presenza sia in assenza di persone, per un totale di 18 punti di prelievo e 90 rilevamenti complessivi. Per ogni edificio si è prelevato anche un campione d'aria esterna.

### Prelievi standard

Per ottenere risultati comparabili abbiamo standardizzato le condizioni di raccolta dei campioni: tutti i rilievi con la presenza di alunni e personale sono stati effettuati in orario scolastico; gli altri in orario pomeridiano. Le misurazioni sono state eseguite a centro ambiente con un campionatore automatico, prelevando sempre la medesima quantità di aria (150

→ dida

l), con la sola eccezione della scuola materna (100 l), e annotando la temperatura del locale. Il campionatore automatico è indispensabile per ottenere valori confrontabili con i limiti di riferimento, ma si può effettuare anche un campionamento passivo, lasciando capsule Petri aperte a centro locale per un'ora. Questo rilevamento non permette un'analisi quantitativa e ha una sensibilità molto bassa, ma dal punto di vista didattico può fornire interessanti risultati e una metodologia di base per le indagini microbiologiche dell'aria.

### Il protocollo di lavoro

Dopo il prelievo, i campioni devono essere incubati a 37° C per 24-48 ore e analizzati con i test microbiologici per l'identificazione di batteri e funghi. Queste attività sono state svolte nel laboratorio di chimica e biologia della scuola, dove è presente l'attrezzatura necessaria (termostato, cappa aspirante, microscopi). In primo luogo abbiamo effettuato la conta delle unità formanti colonia (UFC) o tallo (UFT) su terreni di coltura di tipo rispettivamente PCA e Sabouraud, per poi passare all'analisi qualitativa tramite osservazione di crescita delle colonie su vari terreni (in particolare quelli selettivi come MSA), colorazione di Gram con osservazione microscopica e prove biochimiche (prova di catalasi per differenziare eventuali stafilococchi da streptococchi). Il lavoro si è concluso con la tabulazione e rielaborazione statistica dei dati e stesura



## QUANDO L'EDIFICIO È "MALATO"

La pessima qualità dell'aria degli ambienti interni sta diventando un problema sempre più importante nei paesi economicamente sviluppati, accentuato dalla tendenza a trascorrere gran parte della giornata in ambienti confinati quali uffici, abitazioni, scuole, edifici pubblici o mezzi di trasporto. Nel 1991 il Ministero dell'ambiente ha definito l'inquinamento indoor come «presenza nell'aria di ambienti confinati di contaminanti fisici, chimici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici di elevata qualità». I possibili inquinanti interni di abitazioni, locali ricreativi ed edifici industriali dipendono da vari fattori: l'ubicazione degli edifici, i materiali usati per la costruzione e l'arredamento, l'attività svolta all'interno, la presenza di impianti di condizionamento. Da tenere presente, per esempio, che per ottimizzare il risparmio energetico sono stati introdotti sistemi di riscaldamento e di condizionamento che riciclano l'aria e che, se non sono adeguatamente progettati, installati e revisionati, possono rappresentare una significativa fonte d'inquinamento. La cosiddetta "sindrome dell'edificio malato" è stata descritta negli anni settanta del secolo scorso, come una serie di sintomi riportati dagli occupanti di un edificio che presenta condizioni di cattiva qualità dell'aria indoor. I sintomi, aspecifici ma ripetitivi, comprendono irritazione degli occhi, delle vie aeree e della cute, tosse, senso di costrizione toracica, sensazioni olfattive sgradevoli, nausea, torpore, sonnolenza, cefalea, astenia. Si possono anche sviluppare patologie di maggiore gravità, fino ad arrivare alla polmonite acuta e a malattie tumorali.

di una relazione finale, utilizzando come indicazioni le linee guida fornite dall'Inail [2] per questo tipo di campionamento, adattate alle esigenze della nostra ricerca.

### I risultati

I risultati ottenuti sono presentati nella Tabella 1, mentre la Tabella 2 illustra le classi di qualità per i livelli di inquinamento microbiologico indoor in ambienti non industriali secondo l'European Collaborative Action [3], utilizzate anche dall'Inail per analisi simili. L'indagine ha rivelato la presenza di una carica batterica totale su PCA pari a un livello di inquinamento tra "intermedio" e "molto alto" nei luoghi frequentati da persone: tra 133 e 3533 UFC per m<sup>3</sup>. Il primato assoluto spetta alla palestra, dove l'attività sportiva favorisce il rilascio

dei contaminanti microbiologici presenti normalmente sull'epidermide, nonostante le maggiori dimensioni dall'ambiente. Tra le aule, caratterizzate da lunga permanenza di studenti in un luogo ristretto, due hanno mostrato valori di carica batterica estremamente elevati: una delle superiori e una della materna. Nei locali in cui la presenza di persone è esigua o limitata nel tempo (segreteria, sala professori e aula magna), il livello di UFC è apparso nettamente inferiore (133-540 UFC per m<sup>3</sup>). Nel caso di ambienti senza persone, abbiamo rilevato una carica batterica variabile tra 20 e 1520 UFC per m<sup>3</sup>, corrispondente a un livello di inquinamento tra "molto basso" e "alto". Infine l'esterno, con valori di carica batterica compresi tra 86 e 240 UFC per m<sup>3</sup>: come atteso, nettamente inferiori alle concentrazioni indoor.

Il conteggio di unità formanti tallo (UFT) ha mostrato un livello di inquinamento per carica micetica da "molto basso" ad "alto" per gli ambienti con persone e da "molto basso" a "intermedio" per quelli senza. I valori esterni di UTF sono risultati compresi tra 13 e 26 per m<sup>3</sup> [3 apice] e quindi molto inferiori sia a quelli indoor, sia a quelli outdoor dei batteri. Negli ambienti interni, dunque, sia la carica batterica sia quella micetica sono apparse più elevate nei luoghi frequentati che in quelli vuoti, con differenze tra il 23% (per i batteri) e il 10,8% (per i funghi) nelle aule e tra il 15% (batteri) e il 5,8% (funghi) nei locali di servizio.



**Tabella 1.** Risultati dell'indagine microbiologica in ambienti indoor e outdoor

Luogo	Dimensioni locale (m <sup>3</sup> )		Temperature (°C)		PCA (UFC/m <sup>3</sup> )		Sabouraud (UFT/m <sup>3</sup> )		Specie batteriche identificate	
	Personne presenti	ambiente vuoto	ambiente pieno	ambiente vuoto	ambiente pieno	ambiente vuoto	ambiente pieno			
Materna aula 1	45	17	23,4	22,8	1120	2040	+	20	50	S. Aureus, bacilli Gram -, streptobacilli
Materna aula 2	45	17	23	22,8	120	1920	+	0	60	S. Aureus, bacilli Gram -, streptobacilli
Materna mensa	140	73	22,1	23,2	250	740	+	30	1560	S. Aureus, S. epidermidis, streptobacilli
Materna esterno	-	-	18,7		140	-		13	-	Bacilli Gram -, streptobacilli
Primaria aula 1	55	29	21,5	24,4	1520	1740	+	26	140	S. Aureus, bacilli Gram -, streptobacilli
Primaria aula 2	55	27	21,5	25,8	N.C.	1880	+	80	240	S. Aureus, S. epidermidis, cocchi Gram -
Primaria esterno	-	-	21		213	-		13	-	Bacilli Gram +
Secondaria I grado aula 1	46	28	22,4	25	53	780		6	200	S. epidermidis, streptobacilli, bacilli Gram -
Secondaria I grado aula 2	46	24	22	24,9	53	1660		13	253	S. epidermidis, coccobacilli Gram -, bacilli Gram -
Secondaria I grado esterno	-	-	18		100	-		46	-	Streptobacilli, bacilli Gram -
Secondaria II grado aula 1	45	27	24	25,4	100	2393	+	20	246	S. Aureus, S. epidermidis
Secondaria II grado aula 2	47	30	24	24,4	33	506	+	20	513	S. Aureus, cocchi Gram -
Secondaria II grado esterno	-	-	14,5		86	-		26	-	Streptobacilli
Segreteria	16	3	23,3	24,4	60	240	+	0	20	S. Aureus
Palestra	196	26	24,1	23,4	66	3533		0	213	S. Aureus, S. epidermidis, coccobacilli Gram -, bacilli Gram -
Aula magna	159	51	22,8	24,2	86	540		0	86	S. epidermidis
Sala professori	23	4	24,4	23,6	20	133	+	6	13	S. Aureus
Corridoio	16	N.C.	24,3	23,2	446	1013	+	80	80	S. Aureus, coccobacilli Gram -

I codici colorati si riferiscono alle classi di qualità dell'European Collaborative Action

**Tabella 2.** Classi di qualità per valori di carica batterica (UFC/m<sup>3</sup>) e di carica micetica (UFT/m<sup>3</sup>) in ambienti non industriali

Livello di inquinamento	UFC/m <sup>3</sup>	UFT/m <sup>3</sup>
molto basso	< 50	< 25
basso	51 - 100	26 - 100
intermedio	101 - 500	101 - 500
alto	501 - 2000	501 - 2000
molto alto	> 2000	> 2000

Fonte: European Collaborative Action, 1993.

### Identikit microbiologico

Nell'identificazione delle specie microbiche una particolare attenzione è stata dedicata alla ricerca degli stafilococchi, quali possibili patogeni aerodispersi: i rilevamenti effettuati con terreno selettivo MSA, colorazione di Gram e catalasi hanno evidenziato nella grande maggioranza dei campioni la presenza di *Staphylococcus aureus* (specie patogena presente in particolare nelle vie aeree) e *Staphylococcus epidermidis*. Inoltre sono stati individuati coccobacilli Gram negativi (presumibilmente *Acinetobacter*), bacilli Gram positivi (*Bacillus*) e bacilli Gram negativi (coliformi). Per quanto riguarda la classificazione delle specie micetiche, cresciute su Sabouraud, l'osservazione morfologica ha indicato la presenza di colonie di lieviti e muffe (*Penicillium* e *Aspergillus*).

### Più gente, più microrganismi

I dati mostrano una notevole differenza di concentrazione batterica e micetica in ambienti indoor con presenza e assenza di persone: questo presuppone che il numero di studenti nell'ambiente confinato influisca in maniera determinante sulla presenza microbica, in quanto un maggior numero di persone aumenta il rilascio di microrganismi, per esempio attraverso la desquamazione della cute, la fonazione, colpi di tosse ecc. Un'altra considerazione riguarda la differenza tra interno ed esterno della carica micetica, superiore nel primo caso. Le direttive ufficiali di rilevamento Inail prevedono infatti che i valori interni dei miceti debbano essere inferiori o uguali a quelli esterni: un più alto valore indoor è indice di "amplificazione fungina" e richiede una più accurata analisi per

risalire alla causa. Al momento non è possibile trarre conclusioni su un'eventuale influenza delle temperature, omogenee in tutti gli ambienti campionati: sarebbe interessante eseguire rilevamenti anche con il riscaldamento acceso e in diverse stagioni.

### Sviluppi e prospettive

I campionamenti effettuati in presenza di studenti hanno evidenziato una concentrazione di inquinanti elevata o molto elevata: è evidente che tale situazione non rappresenta l'ideale in quanto a salubrità. Anche se le normative vigenti non forniscono indicazioni precise, si potrebbe avviare a questa condizione con alcune semplici misure: un maggior ricambio d'aria tra una lezione e l'altra e una verifica delle modalità di pulizia degli ambienti, soprattutto rispetto agli elementi che veicolano più inquinanti, come i termosifoni.

Seppur con le limitazioni dovute a un primo accostamento a questa tematica, il lavoro ha offerto interessanti indicazioni sulla qualità dell'aria negli ambienti scolastici, oltre alla possibilità di sviluppare un metodo di analisi che si presta anche ad approfondimenti interdisciplinari con le materie di diritto (per le normative) e di informatica, per la rielaborazione dei dati. Sul fronte scientifico, per il futuro sarebbe opportuno prevedere ulteriori indagini di identificazione microbiologica, come la crescita su un terreno selettivo per *Pseudomonas*. Certo sarebbe interessante procedere anche con un'analisi dei principali contaminanti chimici indoor, come benzene, formaldeide, polveri sottili: va detto però che questa richiede una strumentazione sofisticata e costosa, difficile da adottare a scuola. ●

### RISORSE

1. Accum vel ulput laor illandre dolore ming esed dolut nibh euis nim in henisl ulpute consed modit velit ut vulput euismod.
2. Il monitoraggio microbiologico negli ambienti di lavoro. Campionamento e analisi, Inail 2010. Scaricabile online dal sito [www.inail.it](http://www.inail.it).
3. Biological particles in indoor environments, European Collaborative Action, Report n. 12, 1993. Scaricabile online dal sito [www.aivc.org](http://www.aivc.org).



### MARCO CRISPIATICO

dopo aver lavorato per alcuni anni nei laboratori di analisi microbiologiche di vari enti ospedalieri, dal 1996 è insegnante tecnico pratico presso l'Istituto M. Immacolata di Gorgonzola, dove collabora al progetto Iqa (Imi Qualità Ambiente), promosso in collaborazione con il Comune allo scopo di approfondire temi di educazione ambientale. Dal 2005 insegna anche in un istituto professionale con indirizzo chimico-biologico di Milano.

● Per proporre attività, progetti, riflessioni: [linxedizioni.it/contatti](http://linxedizioni.it/contatti)