

FABIANA CRISTOFOLINI  
ELENA GOTTARDINI

## *Licheni come bioindicatori della qualità dell'aria: prime indagini a Trento*

### *Introduzione*

In questi ultimi anni è stata posta una maggiore attenzione allo studio dell'ambiente, all'inquinamento, alla salvaguardia ed al recupero ambientale. Sempre più vi è la consapevolezza della necessità di preservare le risorse disponibili, tutelare le aree naturali e risanare quelle compromesse.

Le indagini biologiche vanno ad affiancarsi a quelle di tipo chimico e fisico e sono volte a stimare "l'alterazione rispetto alla norma di componenti dell'ecosistema particolarmente reattivi all'inquinamento" (NIMIS, 1999).

### *Cosa sono i bioindicatori?*

Organismi sia animali sia vegetali, che permettono di evidenziare variazioni ambientali indotte dall'inquinamento, vengono definiti indicatori biologici o bioindicatori. La loro risposta è tipica e leggibile e si manifesta fundamentalmente in tre modi:

1. accumulo delle sostanze inquinanti negli organismi;
2. alterazioni morfologiche degli organismi;
3. modificazioni nella composizione delle comunità animali e/o vegetali.

Con la bioindicazione si osserva l'effetto

che uno o più inquinanti hanno su un organismo vivente o una comunità di organismi.

Un buon bioindicatore deve avere determinate caratteristiche. In primo luogo deve avere elevata sensibilità verso gli inquinanti o, più in generale, verso le variazioni ambientali che si vogliono evidenziare. Non meno importante è che tali organismi siano comuni e ben distribuiti sul territorio da indagare, reperibili e possibilmente identificabili con facilità. Inoltre, quanto più i movimenti dei bioindicatori saranno circoscritti, tanto maggiore sarà la possibilità di ancorare l'informazione ottenuta ad una precisa zona geografica: per questo motivo si preferiscono organismi vegetali. È inoltre fondamentale che il ciclo vitale di tali organismi sia sufficientemente lungo, per subire e riflettere le variazioni ambientali. Sarà così possibile ripetere nel tempo le osservazioni e trarre informazioni sull'evoluzione del fenomeno, verificando quindi anche l'efficacia di eventuali misure adottate.

### *I licheni come bioindicatori*

Gli studi di bioindicazione volti ad analizzare lo stato di naturalità o di alterazione dell'ambiente aria sono condotti per lo più utilizzando i licheni.

I licheni sono organismi vegetali che nascono da una simbiosi tra un'alga ed un fun-

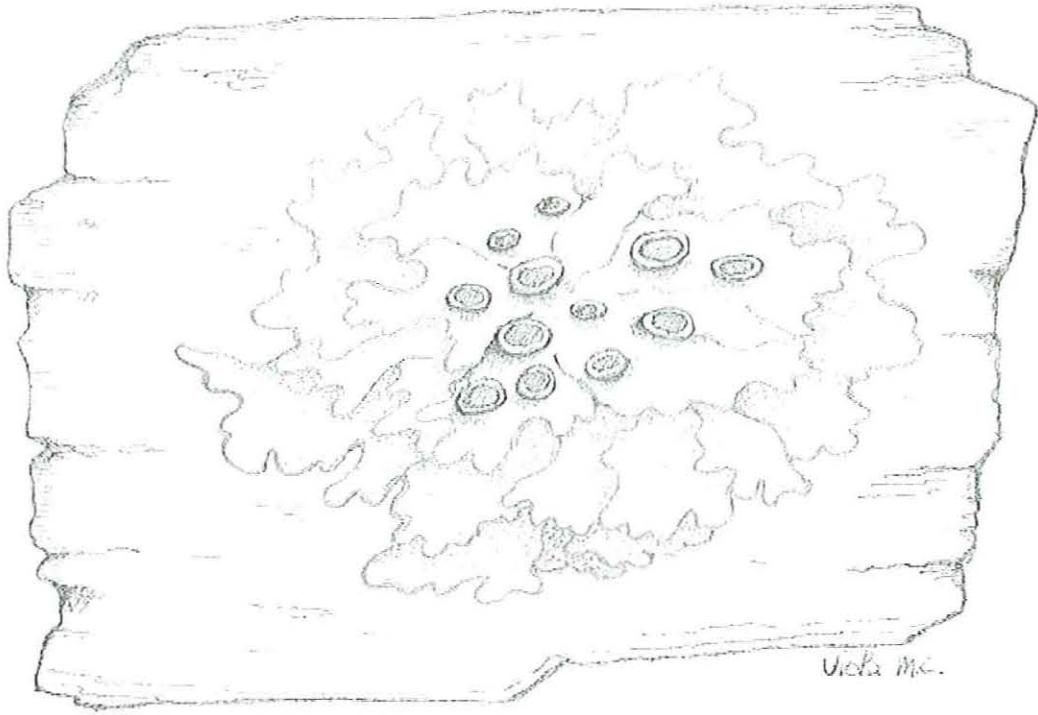


Fig. 1 - Tallo di lichene foglioso con strutture riproduttive. Disegno di Maria Cristina Viola, liberamente tratto da: E. H. Mason Jr., *The biology of lichens*. Ed. Edward Arnold, 1983.

go (fig.1). Questa unione stabile - il tallo lichenico - creatasi tra due organismi diversi risulta vantaggiosa per entrambi: la parte algale fornisce nutrimento attraverso la fotosintesi, mentre la parte fungina collabora offrendo supporto e protezione. Questi indubbi reciproci vantaggi funzionali determinano la possibilità per i licheni di vivere in situazioni ambientali estreme, conferendo loro la caratteristica di organismi pionieri.

I licheni si possono osservare sulle rocce, sugli alberi, raramente sul terreno e su substrati artificiali.

I licheni si presentano con una grande varietà di forme, riconducibili fondamentalmente a tre gruppi:

- a) licheni *crostosi* - formano una crosta strettamente appressata al substrato, difficilmente asportabile;
- b) licheni *fogliosi* - hanno un tallo laminare, più o meno lobato, parallelo al

substrato ed attaccato a questo per mezzo di piccole porzioni;

- c) licheni *fruticosi* - il tallo è più o meno ramificato, cespuglioso, attaccato al substrato tramite una piccola porzione basale, a portamento eretto o prostrato.

Alcune caratteristiche morfologiche e fisiologiche fanno dei licheni degli utili strumenti nello studio della qualità dell'aria:

- assenza di aperture stomatiche e di cuticola - gli scambi con l'ambiente aria avvengono attraverso tutta la superficie del tallo, nel corso dell'intera esistenza dell'organismo;
- lento accrescimento e longevità - riflettono l'evoluzione temporale della situazione ambientale indagata, offrendo una stima dell'inquinamento su tempi lunghi ma senza la possibilità di evidenziare fenomeni acuti ed episodici;
- impossibilità di liberarsi periodicamente

di parti vecchie o intossicate - al contrario di altri vegetali, che in autunno perdono le foglie nelle quali si sono accumulate le sostanze tossiche, i licheni presentano una buona memoria storica;

- resistenza a stress termici - vi è attività anche nel periodo invernale quando spesso le concentrazioni di inquinanti atmosferici sono più elevate.

I licheni mostrano di risentire in particolare dell'inquinamento provocato da biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ ) e dagli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) (NIMIS, 1999). La loro risposta è graduale: si assiste, in primo luogo, ad una diminuzione della vitalità, soprattutto a carico della più sensibile componente algale, che non è più in grado di attuare la fotosintesi. Successivamente risultano danneggiati i processi riproduttivi. In seguito sui licheni si osservano aree di necrosi, via via più estese, che portano fino alla morte del tallo. Rispondono prima le specie meno tolleranti. Si assiste quindi ad una variazione della comunità di licheni, ad una diminuzione della varietà in specie, fino ad arrivare al "deserto lichenico".

Nella pratica sono state messe a punto diverse metodologie che sfruttano le caratteristiche di questi bioindicatori. Il metodo applicato con maggior frequenza prevede l'osservazione di comunità di licheni che crescono sul tronco degli alberi e si basa su una misura di biodiversità. Un'altra possibilità è valutare come si modificano nel tempo talli di licheni in buona salute, di un'unica specie, esposti su apposite tabelle in diverse zone del territorio indagato. Inoltre, è frequente l'uso dei licheni come bioaccumulatori di elementi in traccia, sfruttando "la loro capacità di assorbire ed accumulare oltre le loro necessità fisiologiche" (LOPPI, 1999)

### *Indagini preliminari a Trento*

La città di Trento, capoluogo della Regione Trentino-Alto Adige, si trova a 194 m

s.l.m. nella Valle dell'Adige e conta oltre 100.000 abitanti nell'intero territorio comunale.

Per svolgere una prima analisi della qualità dell'aria nell'area urbana si è scelto di applicare il metodo che prevede l'osservazione dei licheni epifiti.

Per questo sono state selezionate, adottando un criterio di tipo preferenziale, 22 stazioni con almeno tre alberi in buone condizioni, appartenenti al genere *Tilia* o *Acer*. Sul tronco di ogni albero si calcola la frequenza delle diverse specie di licheni presenti, utilizzando un apposito reticolo di rilevamento. Sommando le frequenze rilevate si calcola un valore numerico per ogni albero che contribuisce a determinare l'indice di Biodiversità Lichenica della stazione (BLs). Si ottiene quindi un indice correlato con la qualità dell'aria, di valore tanto più elevato quanto minore è l'alterazione della zona.

### *Risultati*

Con un numero di stazioni sufficientemente elevato e ben distribuito sul territorio è possibile realizzare una mappa di qualità dell'aria. Tale mappa è costruita individuando le linee che uniscono punti con lo stesso valore di indice BL; i colori semplificano la lettura degli intervalli considerati. La mappa di qualità biologica dell'aria è uno strumento utile per diversi aspetti:

- individuare zone compromesse e zone da preservare;
- verificare, con indagini ripetute nel corso degli anni, l'esito delle misure adottate per risanare l'ambiente aria;
- disporre di informazioni aggiuntive nella definizione dei piani di viabilità e dei piani urbanistici;
- ottimizzare la localizzazione delle centraline di rilevamento chimico degli inquinanti;
- in maniera indiretta, possedere un nuovo parametro integrabile nella creazione di modelli di dispersione degli inquinanti.

La rappresentazione cartografica facilita

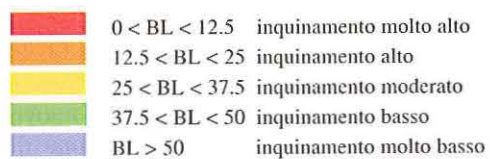


Fig. 2 - Mappa di qualità dell'aria della città di Trento (rilievi 1997).

la comprensione del fenomeno indagato sul territorio e si rivela inoltre un utile strumento di divulgazione e sensibilizzazione rivolto ai cittadini. Il singolo cittadino potrà sentirsi maggiormente coinvolto e responsabilizzato di fronte al problema inquinamento e, di conseguenza, maggiormente disposto ad adottare gli accorgimenti suggeriti dai piani di risanamento, che coinvolgono e modificano il nostro attuale stile di vita.

A titolo esemplificativo si riporta ciò che è stato possibile evidenziare con le prime indagini svolte a Trento. In primo luogo non è stata osservata una elevata varietà floristica avendo identificato complessivamente 28 diverse specie. Inoltre, solamente nell'8% degli alberi campionati sono state rinvenute più di 7 specie licheniche e ciò è indice di una situazione piuttosto compromessa. Le specie identificate con maggior frequenza appartengono, dal punto di vista fitosociologico, all'ambito dello *Xanthorion parietinae*: un'associazione di licheni diffusa soprattutto in ambiente urbano o in zone coltivate e composta da specie tossitolleranti.

Osservando la mappa di qualità dell'aria (fig. 2) si nota che l'area più compromessa interessa la parte centrale della città e si estende in direzione nord-sud. Tale direzione è la medesima dell'asse autostradale e di altri importanti flussi veicolari, oltre a quella dei venti prevalenti, vista l'orografia del territorio. Si può notare, inoltre, che la situazione tende a migliorare piuttosto rapidamente verso est, innalzandosi di quota rispetto al fondovalle, e nella zona sud-est della città, probabilmente grazie alla creazione di una circonvallazione che ha snellito la circolazione locale. Si sono osservati valori di BL mediamente piuttosto elevati anche in stazioni localizzate in aree verdi, seppur di ridotte dimensioni; resta il dubbio se interpretare tali dati come una miglior qualità dell'aria o come conseguenza di un diverso microclima.

## Conclusioni

Con le tecniche di biomonitoraggio è possibile, in tempi rapidi e con costi contenuti, disporre di uno strumento aggiuntivo; si tratta di una diversa chiave di lettura del fenomeno inquinamento, che ne valuta gli effetti sinergici sull'ambiente.

Se con le analisi di tipo chimico si vanno ad individuare le sostanze che causano l'inquinamento, con le indagini di tipo biologico si studiano gli effetti sull'ambiente.

Quindi i due tipi di analisi risultano essere complementari e non reciprocamente sostituibili, permettendo una più ampia comprensione del fenomeno inquinamento.

## Ringraziamenti

Si ringrazia il Comune di Trento e l'Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente di Trento per aver commissionato e finanziato la prosecuzione del progetto: "Biomonitoraggio della qualità dell'aria nel Comune di Trento", attualmente in corso.

**dott.ssa Fabiana Cristofolini**  
**dott.ssa Elena Gottardini**

Unità Operativa Biologia e Chimica Ambientale ed  
Acquacoltura  
Dipartimento Risorse Naturali ed Ambientali  
Istituto Agrario di S. Michele all'Adige  
Via Mach 2, 38010 S. Michele all'Adige (TN)  
e-mail: cristofolini@ismaa.it  
e-mail: gottardini@ismaa.it

## BIBLIOGRAFIA CITATA E DI RIFERIMENTO

AMMANN K., HERZIG R., LIEBENDÖRFER L., URECH M., 1987 - *Multivariate correlation of deposition data of 8 different air pollutants to lichen data in a small town in Switzerland*. *Advances in Aerobiology*, 51: 401-406.

GOTTARDINI E., CRISTOFOLINI F., MARCHETTI F., 1999 - *Biomonitoraggio della qualità dell'aria della città di Trento tramite licheni epifiti*. *Acqua & Aria*, 4: 67-72.

KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT im VDI und DIN, 1995 - *Messen von Immissionswirkungen - Measurement of Immission Effects*, Dusseldorf.

LOPPI S., 1999 - *Licheni come bioaccumulatori di elementi in traccia: stato dell'arte in Italia*. In: *Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale" Roma 26-27 novembre 1998*, ANPA, 123-144.

LOPPI S., GIOVANNELLI L., FRANCHI F. C., LIMBERTI A., TACCONI C., FRANCALANCI C., MARCHI G., CAPORALI B., PANCINI P., CORSINI A., BRUSCOLI E., 1996 - *Bioindicazione della qualità dell'aria tramite licheni: esperienze in Toscana*. *Acqua & Aria*, 7-8/96: 707-713.

NIMIS P. L., 1999 - *Linee guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti*. In: *Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale" Roma 26-27 novembre 1998*, ANPA, 267-279.

### Riassunto

Premesso il significato del biomonitoraggio, si presenta la possibilità di monitorare l'inquinamento dell'aria utilizzando i licheni. Si illustrano le caratteristiche e le potenzialità di questi bioindicatori. A titolo esemplificativo si riporta l'indagine svolta a Trento, dove l'area urbana è stata monitorata basandosi sull'indice di Biodiversità Lichenica (BL) raccolto in 22 stazioni. Si espone una prima interpretazione della mappa di qualità dell'aria ottenuta.

### Summary

*Lichens as biomonitors of air quality: first results at Trento (North Italy)*

*After briefly outlining the importance of biological monitoring in general, the use of lichens for monitoring air pollution is described. Particular emphasis is placed on the characteristics and potential of lichens as bioindicators. A case study based on data from 22 monitoring stations in the city of Trento using the Lichen Biodiversity index (BL) is given. An air quality map was prepared and interpreted.*