

**PREMIO TESI DI LICHENOLOGIA**

*Riportiamo, secondo l'ordine alfabetico dei partecipanti,  
i riassunti delle tesi pervenute.*

*Per il 2001 hanno conseguito il premio: Ada De Nicolò e Ulisse Landi.*

*Per il 2002, sempre ex aequo: Marilena Dalle Vedove e Katia Ricchiardone.*

*Complimenti ai vincitori e auguri a tutti i neo-laureati!*

**UTILIZZO DI SISTEMI VEGETALI PER LO STUDIO DELLA DISTRIBUZIONE DEGLI  
INQUINANTI ATMOSFERICI: ESPERIENZE DI MONITORAGGIO BIOLOGICO  
DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PROVINCIA DI MASSA-CARRARA  
E NEL LITORALE VERSILIESE**

Ulisse LANDI  
*Corso di Laurea in Scienze Biologiche  
Università degli Studi di Pisa*

L'indagine ha avuto come obiettivo la valutazione della qualità dell'aria nella Provincia di Massa-Carrara e del litorale Versiliese, in un'ottica integrata ed interdisciplinare che vede l'utilizzo di metodologie innovative di monitoraggio biologico, validamente attive supportate da anni di sperimentazione, affiancate alle consuete analisi dell'aria effettuate dalle centraline automatiche presenti sul territorio. A tale scopo sono state utilizzate: kits di germinelli di *Nicotiana tabacum* Bel-B e Bel-W3, rispettivamente resistente e specificatamente sensibile all'ozono troposferico e lo studio delle comunità licheniche epifite presenti nel territorio, che risentono della presenza di inquinanti quali: ossidi di azoto, di zolfo e polveri. Tali procedure sono state standardizzate e proposte all'Agenzia Nazionale per la Protezione ambientale e mai prima d'ora si sono utilizzati entrambi i metodi per monitorare lo stato dell'ambiente nello stesso ambito operativo. Le stazioni sono state distribuite in maniera sistematica ed omogenea sul territorio, in accordo con le direttive della Regione Toscana, per raccogliere un dato che sia statisticamente valido, e localizzate in aree sia urbane sia rurali. Sono stati ritrovati così sul territorio che si estende per circa 1000 Km<sup>2</sup>, 9 punti dove l'analisi si è sviluppata.

Il lavoro si è svolto in due parti. La prima ha visto l'utilizzo del kit miniaturizzato di germinelli di *Nicotiana tabacum*, nell'estate 1999, periodo di otto settimane dal 12 luglio al 5 di settembre. Il kit è formato da un supporto, che non è altro che una piastra per colture cellulari, costituita da 24 pozzetti, in cui dopo due settimane di allevamento in serra ad aria filtrata, vengono trapiantati secondo uno schema ben definito, 16 germinelli della Bel-W3 specificatamente sensibili all'ozono, e 8 plantule della Bel-B resistente. Così preparati i kits sono sistemati tre per ogni stazione sul territorio e permangono esposti all'aria ambiente per una settimana, dopo questo periodo di tempo sono ritirati e sostituiti con nuovi e portati in laboratorio, dove vengono effettuate le analisi di rilievo, che vedono il confronto visivo tra i cotiledoni e un apposito materiale iconografico standard. Si possono così individuare 5 classi di danno a seconda della percentuale di superficie necrotizzata specificatamente dovuta dall'ozono presente nell'aria. Raccolti i dati come indice di danno cotiledonare (IDC), sono elaborati con la funzione media e è seguito l'andamento del danno nelle varie settimane di analisi nelle varie stazioni. Il danno lo si ritrova in tutte le settimane di analisi e particolarmente elevato nell'ultima settimana di luglio e nella prima settimana di agosto, in concomitanza delle settimane dove l'intensità luminosa è maggiore. Questo perché l'ozono è un inquinante secondario e per la sua formazione necessita di tre fattori indispensabili quali: presenza di inquinanti primari, ossidi di azoto, temperatura superiore a 25°C e alta intensità luminosa. Tali condizioni portano all'interazione degli ossidi di azoto con l'ossigeno atmosferico per la formazione di ozono. Specificatamente riferito alle nostre latitudini, tali fattori fondamentali nella formazione di ozono si ritrovano nel

periodo estivo. E' stata misurata al suolo la concentrazione di tale inquinante come media oraria in ppb, nel periodo di otto settimane di analisi (luglio- settembre 1999). I circa 1400 dati, sono stati elaborati per la costruzione di particolari indici medi (M24,M12,M7,M1) e cumulativi (AOT in ppb x h), relativi all'ozono misurato. I valori di tali indici nelle varie settimane sono stati confrontati con i dati biologici, raccolti nelle stazioni, per settimana, come indice di danno cotiledonare medio. Dalla correlazione risulta che il grado di associazione tra le variabili è buono; ciò indica con soddisfacente approssimazione, che i danni subiti dalle plantule sono dovuti dell'effettiva presenza dell'ozono nelle aree di studio, anche se i dati biologici sono stati confrontati con un solo punto di misurazione sul territorio Provinciale.

La seconda parte dell'indagine ha visto lo studio delle comunità licheniche epifite autoctone presenti e l'analisi è stata condotta dall'ottobre 1999 all'aprile 2000. Il rilievo quali-quantitativo dei licheni si è effettuato su particolari specie di albero, tiglio e olivo che sono stati selezionati all'interno delle aree di studio. Le piante hanno le seguenti caratteristiche: tronco lineare e non eccessivamente inclinato (massimo 10°), per evitare fenomeni di eutrofizzazione disomogenea, circonferenza di almeno 70 cm per evitare di raccogliere dati su licheni di recente colonizzazione, scartare gli alberi con presenza di evidenti danni meccanici o malattie. Ogni stazione è costituita da tre alberi appartenenti alla stessa specie e le aree urbane sono state caratterizzate da un maggior numero di stazioni in relazione ad una situazione maggiormente complessa e articolata rispetto alle aree rurali. Il rilievo dei licheni sui tronchi vede l'ausilio di un reticolo di nylon suddiviso in 10 unità, delle dimensioni di (50x30 cm), posto sul fusto a 1,5 m dal suolo dove massima è la copertura lichenica, vengono così individuate tutte le specie e la loro frequenza come numero di unità del reticolo nelle quali è presente la singola specie. Così che per ogni pianta viene determinato l'indice di biodiversità lichenica (IBL), dato dalla somma delle frequenze di tutte le specie presenti. Per ogni stazione della stessa area, viene preso l'IBL massimo relativo ai tre alberi e ne viene fatta la media, e si realizza così IBL della località indagata. Le nove località oggetto dell'indagine visto il diverso IBL, secondo la scala proposta da Nimis, possono essere raggruppate in tre classi di qualità dell'aria, con relativo grado di inquinamento. Sono state anche ricercate misurazioni condotte dalla centralina mobile nelle aree interessate dal biomonitoraggio lichenico, ma i dati sono disponibili solo di quattro dei nove centri studiati. Tali dati sono stati confrontati, come media dei valori massimi, misurati in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , con l'IBL ritrovato della specifica area. Dalla relativa correlazione si deduce, che dove la concentrazione degli inquinanti è elevata, è riscontrabile un basso indice di biodiversità lichenica e gli inquinanti che manifestano un maggior grado di influenza sulle specie licheniche sono gli ossido di azoto e le polveri.

Informazioni sullo studio effettuato con i due metodi: i due diversi indici IBL e IDC ritrovati nelle località, sono stati correlati, utilizzando un test non parametrico di Spearman, per valutare il grado di associazione tra le variabili. Dal valore ottenuto dell'indice di correlazione ( $r=-0,04$ ) si deduce che i due metodi sono completamente indipendenti l'uno dall'altro; tuttavia ci danno informazioni importanti sugli inquinanti e degli eventi diversi di inquinamento, che possono essere integrati per una maggior comprensione del più complesso fenomeno inquinamento che interessa il territorio. Brevi considerazioni conclusive: utilizzando i valori dei diversi indici ritrovati sul territorio si sono costruite due mappe della distribuzione spaziale del IDC e IBL, con cui si mettono in evidenza le zone dove i sistemi vegetali hanno risentito i maggiori danni dovuti agli specifici inquinanti. Le comunità licheniche presentano marcate

riduzioni in specie, nella porzione di territorio relativo alla costa Apuano-Versiliese; le plantule di tabacco evidenziano sintomi di danno dovuto all'ozono non solo sulla costa ma anche nell'entroterra lunigianese. I valori degli inquinanti registrati, nell'anno di studio, dalla centralina mobile sono più elevati nella zona costiera rispetto all'entroterra della Provincia: questo perché le principali fonti di emissione degli inquinanti, sono concentrate nell'area costiera e da tale zona, poi diffondono in tutto il territorio provinciale.

Dal lavoro svolto si conclude che esiste la necessità di un monitoraggio più esteso e continuo nel tempo, al fine di valutare l'evoluzione della situazione inquadrata e permettere una sua corretta gestione, in modo da impedire che gli effetti dell'inquinamento interessino la popolazione residente.

## I LICHENI COME BIOINDICATORI DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO IN LOCALITÀ DELLA BASSA VALLE D'AOSTA

Alessandra GIROD  
*Corso di Laurea in Scienze Biologiche*  
*Università degli Studi di Pavia*

Il seguente lavoro presenta i risultati di un'indagine svolta in Valle d'Aosta per valutare la qualità dell'aria nei Comuni di Donnas e Pont Saint Martin, impiegando i licheni come bioindicatori.

L'area considerata presenta clima di tipo semi-continentale con temperatura media annuale di 12.4°C e precipitazioni medie annue pari a 1076 mm. Il regime pluviometrico è di tipo piemontese con un massimo in primavera e un minimo in inverno. I venti spirano prevalentemente da ovest. La zona studiata è interessata da intenso traffico veicolare che transita dal Piemonte verso la Francia e la Svizzera e viceversa attraverso l'autostrada Torino-Morgex, la statale N° 26 e le altre vie di comunicazione. Gli insediamenti industriali attualmente esistenti producono pellicole alimentari, computer, tubi in vetroresina e in PVC.

E' stato utilizzato il metodo, basato sulla frequenza delle specie licheniche epifite, proposto per l'Italia da Nimis *et al.* (1989). Sono state scelte 26 stazioni: in ciascuna sono stati rilevati alberi di Castagno (*Castanea saliva* Miller) per un totale di 131 campionamenti durante i quali sono stati censiti 41 taxa, 12 non ancora segnalati per la Valle d'Aosta.

La florula lichenica riscontrata presenta forme di crescita e caratteristiche fitogeografiche consone con il clima dell'area, caratterizzato da precipitazioni abbondanti e temperature invernali non particolarmente rigide. Le comunità licheniche rilevate sono di transizione tra le alleanze *Xanthorion parietinae* Ochsner e *Parmelion perlatae* James et al.

Le stazioni, in base ai valori di Biodiversità Lichenica, possono essere suddivise in 7 classi che esprimono diversi gradi di deviazione da condizioni naturali (Nimis, 1999). Le stazioni maggiormente inquinate sono dislocate nel fondovalle: quelle completamente prive di vegetazione lichenica sono situate prevalentemente lungo l'autostrada e nei pressi della strada statale; quelle con BL molto bassa sono state riscontrate nelle immediate vicinanze. Le stazioni con BL compresa tra 12.7 e 20.7 sono collocate prevalentemente sul versante sinistro; quelle con valori tra 31.8 e 51 sono dislocate per lo più sul versante destro. Il valore più elevato è stato registrato a Suzey.

Numerosi fattori condizionano crescita e distribuzione delle comunità licheniche nell'area studiata: quelli antropici sono preponderanti e sono coadiuvati o modificati dai fattori climatici ed orografici. Gli insediamenti urbani, i veicoli in transito e, in scarsa misura, le attività agricole contribuiscono all'immissione di inquinanti di diverso tipo in atmosfera e la loro dispersione viene influenzata dalla circolazione dei venti prevalenti e dalla conformazione orografica del territorio. La situazione è complessa e merita di essere ulteriormente indagata, ripetendo le osservazioni ed, eventualmente, individuando i punti più idonei per la collocazione di centraline di rilevamento. L'utilizzo dei licheni come bioindicatori e l'integrazione con misure dirette delle sostanze inquinanti consentiranno una valutazione globale dell'ambiente permettendo, di

conseguenza, di approfondire anche le relazioni tra inquinamento e rischio di salute e di pianificare eventuali interventi per la tutela e la conservazione dell'ambiente.

### **Bibliografia**

- NIMIS P.L., CICCARELLI A., LAZZARIN G., BARGAGLI R., BENEDET A., CASTELLO M., GASPARO D., LAUSI D., OLIVIERI S., TRETACH M., 1989 - I licheni come bioindicatori di inquinamento atmosferico nell'area di Schio-Thiene-Breganze (VI). Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 16: 1-154
- NIMIS P.L., 1999. Linee-guida per la bioindicazione degli effetti dell'inquinamento tramite la biodiversità dei licheni epifiti. Atti del Workshop "Biomonitoraggio della qualità dell'aria sul territorio nazionale" (Roma, 26-27 novembre 1988). Anpa, Atti 2/1999:267-277.

**INDAGINI LICHENOLOGICHE E PETROGRAFICHE NEL  
PARCO NATURALE DEL MONT AVIC (VALLE D'AOSTA)**

Ada DE NICOLÒ  
*Corso di Laurea in Scienze Naturali  
Università degli Studi di Torino*

Il Parco Naturale del Mont Avic, per le caratteristiche geologiche e la carenza di dati lichenologici relativi al territorio, si è rivelato un'area ideale per uno studio interdisciplinare di una flora lichenica rupicola su substrati ofiolitici. Questo tipo di rocce rappresenta un substrato piuttosto selettivo per gli organismi vegetali, licheni compresi. La ricerca è stata condotta allo scopo di: 1) censire le specie presenti; 2) definire la natura e l'evoluzione metamorfica del substrato; 3) valutare le eventuali influenze del substrato sulla composizione floristica dell'area; 4) analizzare le modalità di colonizzazione della roccia; 5) studiare le relazioni ed interazioni dei licheni con i litotipi analizzati.

I rilievi sono stati effettuati nel biennio 1998-1999 sull'intera area del Parco ad esclusione del settore più orientale, a quote comprese tra 1450-3000 m. Le specie rilevate sono state analizzate da un punto di vista floristico ed ecologico, mediante l'elaborazione di indici ecologici e con l'ausilio di analisi multivariata. Sulla base delle specie risultate più abbondanti e significative sono stati scelti i campioni di roccia su cui effettuare le analisi petrografiche e lo studio delle interazioni lichene-substrato.

Dalle indagini condotte è emersa una flora lichenica di notevole interesse, dominata da forme crostose e contraddistinta da elevate condizioni di naturalità e di marcato pionierismo. Complessivamente sono state censite 114 specie, delle quali l'85% rappresenta la prima segnalazione per il territorio del Parco e il 18.5% la prima segnalazione per la Valle d'Aosta.

Le indagini petrografiche hanno evidenziato la presenza di litotipi differenti, rappresentativi di quelli conosciuti per il massiccio ultrabasico del Mont Avic. Dominanti sono le serpentiniti antigoritiche più o meno foliate, con subordinate eclogiti glaucofaniche, metagabbri, metabasiti e rare rodingiti. In queste rocce è stato possibile ricostruire un'evoluzione metamorfica alpina polifasica in sostanziale accordo con i dati di letteratura. Un primo evento, verosimilmente di età eoalpina, è caratterizzato da paragenesi di alta pressione (in condizioni termobariche riconducibili alla facies eclogitica). A spese delle paragenesi eclogitiche si hanno riequilibrazioni in condizioni riferibili alla facies scisti blu e successivamente alla facies scisti verdi.

Dalle osservazioni qualitative dell'interfaccia lichene-substrato è risultato che le specie considerate non mostrano una collocazione preferenziale rispetto alle fasi minerali della roccia né una specificità per un determinato litotipo. La penetrazione ifale è favorita dalla presenza di fratture o foliazioni, ma è stata osservata anche negli spazi intracristallini, fino a profondità dell'ordine di 0.5 mm. Numerose sono apparse le inclusioni litiche e abbondanti i depositi cristallini di probabile origine organica.

Si ritengono opportuni ulteriori approfondimenti microanalitici per la determinazione della composizione chimica dei depositi organici e per l'analisi dei materiali criptocristallini rinvenuti al contatto di una delle specie studiate con serpentiniti antigoritiche. Queste analisi potrebbero fornire, inoltre, un significativo contributo nel campo dei Beni culturali.

**IMPIEGO DEI LICHENI EPIFITI E DELL'ANALISI DI ATTIVAZIONE NEUTRONICA  
PER IL BIOMONITORAGGIO DI ELEMENTI IN TRACCE NELL'AREA DI LIVIGNO**

Chiara SERIO

*Corso di Laurea in Scienze Biologiche  
Università degli Studi di Pavia*

Per valutare l'inquinamento atmosferico da parte di elementi in tracce a Livigno, comune lombardo in Valtellina, sono stati utilizzati quattro *taxa* lichenici [*Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf, *Parmelia sulcata* Taylor, *Letharia vulpina* (L.) Hue, e *Usnea gr. hirta*], come bioaccumulatori. Ciò ha permesso di integrare i risultati delle determinazioni analitiche nel contesto generale di un sistema biologico, consentendo estrapolazioni anche sugli ecosistemi dei quali i licheni fanno parte, cosa ben difficilmente ottenibile attraverso le convenzionali misurazioni fisico-chimiche tramite centraline.

Campioni lichenici e terreno sono stati prelevati in sette stazioni, selezionate lungo la Valle di Livigno, ed analizzati, mediante l'Analisi per Attivazione Neutronica (INAA), attraverso irraggiamenti di diversa durata con neutroni, coniugando, così, le caratteristiche di biomonitori dei licheni con la sensibilità e la multielementarietà dell'INAA.

Al fine di valutare l'origine naturale o antropica dei ventuno elementi così individuati, è stato calcolato il fattore di arricchimento (F.A). Quest'ultimo si ottiene normalizzando la concentrazione dell'elemento nel campione e nel suolo rispetto alla concentrazione di un elemento di riferimento, nel nostro caso lo scandio (Sc), di sicura origine naturale e contenuto nei suoli in maniera omogenea ed ubiquitaria essendo presente in natura a livello di tracce. La probabilità che l'elemento sia di origine naturale è tanto maggiore quanto più il valore di F.A. si avvicina all'unità, mentre la sua derivazione dall'attività antropica corrisponde a valori superiori a cinque.

I dati relativi alle misure delle concentrazioni degli elementi nei licheni e ai fattori di arricchimento, sono stati sottoposti ad elaborazione statistica tramite metodi di analisi multivariata con il programma SIN-TAX 5.0.

Dopo avere provveduto alla classificazione, con "cluster analysis", delle tabelle: a) elementi / licheni con i valori di concentrazioni; b) elementi / licheni con i fattori di arricchimento; c) elementi / stazioni con concentrazione degli elementi in *Usnea gr. hirta*; d) elementi / stazioni con concentrazione degli elementi in *Parmelia sulcata*, sono stati costruiti i rispettivi diagrammi di dispersione.

In base ai risultati si è dedotto che: a) l'impiego dei licheni e dell'INAA, in questo lavoro, ha rappresentato un valido mezzo per lo studio dell'inquinamento ambientale da parte di elementi in tracce; b) l'INAA ha permesso di analizzare contemporaneamente diversi elementi anche con piccole quantità di materiale; c) con l'analisi del suolo si sono calcolati gli F.A. per determinare l'origine naturale o antropica degli elementi; d) attraverso l'elaborazione statistica dei dati relativi fattori di arricchimento, *Parmelia sulcata* e *Usnea gr. hirta*, sono stati individuati come i *taxa* più indicativi nei confronti di bromo e vanadio; e) l'elaborazione statistica dei dati relativi alla concentrazione degli elementi nei campioni lichenici ha evidenziato che il lago e la Val Federia sono i siti meno interessati dalle fonti di inquinamento.



In conclusione i dati ottenuti hanno fornito una soddisfacente valutazione nei confronti delle condizioni ambientali, in particolare in relazione all'inquinamento atmosferico dell'area di Livigno. Gli elementi in tracce di natura antropogenica, anche quelli presenti nei residui di combustione liberati dai veicoli motorizzati e dagli impianti termici civili, hanno, infatti, presentato concentrazioni modeste. E' auspicabile che la situazione permanga in questi termini e che vengano attuati interventi mirati per la tutela e la conservazione dell'ambiente.

Il lavoro svolto rappresenta una base su cui impostare ulteriori controlli per il monitoraggio del particolato atmosferico, per collocare eventuali centraline automatiche e per ripetere indagini utilizzando ancora i licheni come bioaccumulatori e l'INAA quale tecnica analitica.