



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Dipartimento Difesa della Natura
servizio Tutela della Biodiversità
settore Bioindicatori ed Ecotossicologia

Atti
Workshop

**BIOINDICATORI
ED ECOTOSSICOLOGIA
SINTESI E ATTI
DEI WORKSHOP
2008–2009**





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Atti
Workshop

**BIOINDICATORI
ED ECOTOSSICOLOGIA
SINTESI E ATTI
DEI WORKSHOP
2008–2009**

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

La Legge 133/2008 di conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 195 del 21 agosto 2008, ha istituito l'ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. L'ISPRA svolge le funzioni che erano proprie dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (ex APAT), dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (ex INFS) e dell'Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (ex ICRAM).

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.it

Curatori

Carlo Jacomini, Lucia Cecilia Lorusso, Alfonso Sbalchiero, con la collaborazione di Nadia Lucia Cerioli e Francesca Floccia.

ISPRA, Dipartimento Difesa della Natura

ISPRA, ATTI 2012

ISBN 978-88-448-0540-1

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli

Foto di copertina: Paolo Orlandi

Impaginazione

ISPRA, Carlo Jacomini e Francesca Floccia

Coordinamento editoriale

Daria Mazzella

ISPRA - Settore Editoria

Maggio 2012

Autori

Workshop "Bioindicatori ed ecotossicologia del suolo e delle altre matrici: Ricerca ad applicazione", Roma 16 e 17 gennaio 2008

Renato Baudo, CNR-ISE; Marzia Onorari, ARPA Toscana; Tristano Leoni, ARPA Marche; Bona Griselli, ARPA Piemonte; Luciana Migliore, Seconda Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"; Nadia Lucia Cerioli, Antonella Arcangeli e Maria Francesca Fornasier, APAT NAT-BIO; Luca Montanarella, Commissione Europea - JRC; Anna Rita Gentile, *European Environment Agency*; Cecilia Silvestri, APAT ACQ-COS; Renato Baudo, CNR-ISE; Roberto Michele Cenci, Commissione Europea/JRC; Gianniantonio Petruzzelli, CNR-ISE.

Workshop tematico del suolo: "Biodiversità dei suoli italiani: indicatori ed applicazioni verso una normativa nazionale", Roma 22 maggio 2008

Luigi Campanella, Sapienza Università di Roma; Anna Barra Caracciolo e Paola Grenni, CNR-IRSA; Sara Marinari, Alessandra Lagormasino, M. Cristina Moscatelli e Stefano Grego, Università degli Studi della Tuscia; Letizia Pompili e Anna Benedetti, CRA; Carmine Siniscalco, APAT NAT; Luigi Cocchi, Comitato Scientifico Nazionale dell'Associazione Micologica Bresadola; Orlando Petrini, Istituto Cantonale di Microbiologia; Roberto Michele Cenci, Commissione Europea/JRC; Fabio Gatti, Università degli Studi di Parma; Aldo Zullini, Università degli Studi di Milano; Massimo Migliorini e Fabio Bernini, Università degli Studi di Siena; Alan Leoni e Cristina Menta, Università degli Studi di Parma; Augusto Vigna Taglianti,

Sapienza Università di Roma; Marzio Zapparoli, Università degli Studi della Toscana; Simone Fattorini, *European Invertebrate Survey*; Carlo Jacomini, Nadia Lucia Cerioli e Lucia Cecilia Lorusso, APAT NAT-BIO; Andrea Di Fabbio, Marco Di Leginio, Fiorenzo Fumanti, Irene Rischia, APAT SUO-ISP; Paolo De Zorzi, APAT AMB-LAB; Anna Benedetti, CRA-RPS - SISS; Stefano Mocali, Letizia Pompili, Alba Silvia Mellina, CRA.

Workshop monotematico acqua: "Monitoraggio biologico delle acque: ricerca e nuove normative per una più efficace salvaguardia dell'ambiente, della biodiversità e della salute", Roma 2 ottobre 2008

Alfonso Sbalchiero, Nadia Lucia Cerioli e Lucia Cecilia Lorusso, ISPRA NAT-BIO; Caterina Ciacci, Università "Carlo Bo" di Urbino; Mafalda Inglese, Università degli Studi Federico II di Napoli; Caterina Sollazzo, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; David Pellegrini, ISPRA (LI) e UNICHIM Acque salate e salmastre; Renato Baudo, UNICHIM e CNR-ISE.

Workshop monotematico dell'aria: "Biomonitoraggio dell'aria: verso una proposta normativa", Roma 3 marzo 2009

Marco Ferretti, *TerraData environmetrics* Siena; Elena Gottardini, Fondazione *Edmund Mach* - IASMA; Roberto Cenci, Centro Comunitario di Ricerca *JRC*; Paolo Giordani, SLI e Dipteris - Università degli Studi di Genova; Guido Incerti, Dip. Bologna - Università degli Studi di Trieste; Giorgio Brunialti, *TerraData environmetrics* Siena; Patrizia Bonanni,

ISPRA; Valerio Silli, ISPRA; Claudio Porcini, Università degli Studi di Bologna; Cristina Nali, Università degli Studi di Pisa; Roberto Bargagli, Università degli Studi di Siena; Filippo Bussotti, Università degli Studi di Firenze; Marzia Onorati, ARPA Toscana.

INDICE

Presentazione	9
Workshop "Bioindicatori ed ecotossicologia del suolo e delle altre matrici: ricerca e applicazione"	10
Ecotossicologia in ambienti acquatici e bioindicatori	11
Monitoraggio biologico dell'aria	13
Valutazione ecotossicologica di sedimenti fluviali e confronto con i risultati forniti dall'Indice Biotico Esteso (IBE)	14
Monitoraggi biologici ed ecotossicologici per il suolo	25
Ormes: la rivoluzione dose/risposta	28
L'ecotossicologia negli ambienti acquatici	29
Sviluppo di strumenti per la definizione di qualità ambientale: la banca dati sugli indicatori biologici	30
Manuale IBL e rete di monitoraggio dei licheni	32
La strategia tematica sul suolo e i nuovi traguardi comunitari	33
Il sistema di indicatori dell'Agenzia Europea per l'Ambiente	35
Utilizzo di elementi biologici per la valutazione dello stato di qualità delle acque costiere in Europa	36
Statistica nei monitoraggi previsti dal D. Lgs. 152/99	37
Utilizzo dei muschi nel monitoraggio biologico	39
Meccanismi di biodisponibilità del suolo	41
Workshop tematico suolo: "Biodiversità dei suoli italiani: indicatori e applicazioni verso una normativa nazionale"	42
Introduzione	43
Qualità del suolo e qualità alimentare	44
Ruolo dei microrganismi negli ecosistemi del suolo	45
Le proprietà biochimiche del suolo come indicatori della diversità funzionale	46
I funghi come indicatori biologici nella valutazione della qualità ambientale	47
Dalla misura delle concentrazioni degli elementi chimici nei funghi superiori al "fungo di riferimento"	48
I nematodi nell'ecologia del suolo e loro utilità come bioindicatori	49

Biodiversità dei suoli italiani: il contributo degli Acari Oribatei	50
Microartropodi e collemboli come indicatori di qualità del suolo: gli indici QBS-ar e QBS-c.....	51
Le formiche come strumento di biomonitoraggio: applicazioni in campo ecotossicologico e di riqualificazione ambientale	52
I carabidi della fauna europea e italiana (Coleoptera, Carabidae).....	53
I Chilopodi: aspetti di biodiversità e stato delle conoscenze tassonomiche, faunistiche ed ecologiche in Italia	54
Rarità e conservazione degli insetti: proposte metodologiche e applicazioni pratiche	55
Verso una normativa tecnica sull'uso sostenibile dei suoli	56
L'armonizzazione delle informazioni ambientali sul suolo in Italia. Il Progetto SIAS (Sviluppo di Indicatori Ambientali sul Suolo)	59
Armonizzazione e controllo di qualità	61
Definire la biodiversità del suolo: difficile, ma non impossibile	62
Workshop tematico acqua: "Monitoraggio biologico delle acque: ricerca e nuove normative per una più efficace salvaguardia dell'ambiente, della biodiversità e della salute"	64
Premessa	65
I farmaci nelle acque: rassegna dello stato dell'arte in Italia, nella Comunità Europea e negli altri paesi extracomunitari.....	67
Studio degli effetti di xenobiotici ambientali sui mitili mediante l'utilizzo di test ecotossicologici	70
Caratterizzazione ecotossicologica di soluzioni acquose contenenti prodotti farmaceutici	71
Le direttive europee in materia di acque	72
Acque salate/salmastre e sedimenti: l'attività del gruppo UNICHIM.....	73
Indice sintetico per l'integrazione dei risultati di batterie di saggi ecotossicologici.....	74
Workshop tematico aria: "Biomonitoraggio dell'aria: verso una proposta normativa"	75
Origine, controllo e gestione degli errori nel (bio)monitoraggio ambientale: una prospettiva unificante	76

Polline e inquinamento atmosferico: applicazione del protocollo APAT e possibili revisioni	77
Rete di monitoraggio in Italia per valutare le ricadute al suolo utilizzando muschi e suoli superficiali	78
La normazione europea CEN del biomonitoraggio degli effetti dell'inquinamento atmosferico mediante licheni epifiti	79
Bioaccumulo ed elementi in traccia mediante licheni: standardizzazione e progressi normativi	80
Sensibilità degli ecosistemi vegetali alle deposizioni atmosferiche: i carichi critici. L'attività dell'ISPRA a supporto del Ministero dell'Ambiente	81
Utilizzo delle api nel monitoraggio ambientale	82
Sistemi di bioindicazione per l'ozono: passato, presente (e futuro?)	85
Cambiamenti del clima e di composizione dell'atmosfera: limiti e prospettive delle tecniche di biorilevamento	86
Sintomi visibili da ozono sulla vegetazione spontanea e su piante legnose. Quali prospettive per il biomonitoraggio	88
Monitoraggio aerobiologico: metodo UNI 11108:2004	89
Riferimenti bibliografici	90
Conclusioni.....	93

PRESENTAZIONE

Conoscere la catena di cause ed effetti dell'inquinamento e delle diverse forme di stress che le attività antropiche esercitano sugli ecosistemi naturali e seminaturali è un passo fondamentale per la corretta gestione del territorio e delle comunità naturali; tale conoscenza rappresenta non solo una grande ricchezza per il Paese, ma anche una barriera che permette di prevedere con anticipo ed efficacia ciò che potrebbe capitare al genere umano.

Questa rassegna contiene gli interventi presentati, nel biennio 2008-2009, in una serie di *workshop* organizzati da ISPRA (già APAT), che hanno rappresentato lo stato dell'arte della ricerca nazionale nei campi dell'ecotossicologia e dei bioindicatori ambientali.

Queste discipline, d'avanguardia in Italia, costituiscono in altri Paesi una solida base tecnico-scientifica per la normativa volta alla conservazione della Natura.

Ringrazio i rappresentanti delle Organizzazioni internazionali, del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, e i ricercatori nazionali che hanno partecipato ai lavori; inoltre, un ringraziamento particolare va ad Alfonso Sbalchiero, che ha proposto, e fortemente voluto, questa serie di eventi.

L'auspicio è di riuscire in futuro ad impegnarsi per la prosecuzione e il perfezionamento delle discipline trattate in questi *workshop*, di cui in questo lavoro si presentano le sintesi e gli estratti.

Paolo Gasparri
Dirigente Servizio Tutela della biodiversità, ISPRA

**WORKSHOP
“BIOINDICATORI ED
ECOTOSSICOLOGIA DEL SUOLO
E DELLE ALTRE MATRICI:
RICERCA E APPLICAZIONE”**

ROMA, 16-17 GENNAIO 2008

ECOTOSSICOLOGIA IN AMBIENTI ACQUATICI E BIOINDICATORI

DI RENATO BAUDO, CNR - ISE

Per definizione gli indicatori sintetizzano gli attributi fisici, chimici o biologici che caratterizzano le condizioni ecologiche di un determinato ambiente allo studio.

Si possono distinguere indicatori fisici e chimici (es. concentrazioni di nutrienti), indicatori biologici (o bioindicatori), che riflettono la presenza, le condizioni e il numero di specie d'organismi animali e vegetali che abitano l'ecosistema considerato; e gli indicatori ecologici, cioè la combinazione dei precedenti due tipi di indicatori (misura, o serie di misure, o modello che caratterizzano un ecosistema o una delle sue componenti critiche).

Per sintetizzare i diversi tipi d'informazione è spesso necessario ricorrere all'aggregazione (razionale o empirica) di uno o più indicatori, espressa in forma numerica da specifici "indici". Tra questi, i più noti sono quelli:

- di diversità: riflettono in forma quantitativa la diversità delle comunità
- qualitativi: basati sulla presenza – assenza di specifiche unità tassonomiche, indicative di determinate condizioni ambientali.
- biotici: combinano la valutazione della biodiversità con l'informazione di opportuni *taxa* guida.

L'APAT da tempo è impegnata nell'elaborazione di protocolli metodologici per l'identificazione di altri indicatori e indici della qualità delle acque, dei sedimenti e del biota.

Ad esempio, nel 1999 ha pubblicato il "Manuale di elaborazione Indicatori e Indici"¹ per le diverse tipologie di corpi idrici, secondo quanto previsto dal D. Lgs. 152/99 (parametri: di base, macrodescrittori, prioritari e addizionali).

Per gli ambienti marini costieri, in tal modo sono stati identificati circa 50 indicatori/Indici.

Ancora, nel 2003, è stato pubblicato il manuale "Indicatori biologici per le acque marine costiere"², con esempi di indici biologici sperimentali, descritti in letteratura ma attualmente non previsti per legge, quali il RIBI (*Rocky Intertidal Biotic Index*), l'Indice di qualità batteriologica (IQB), lo studio della *Posidonia oceanica* e i *Biomarker*.

Dall'esame di queste pubblicazioni è evidente che, per l'identificazione degli opportuni bioindicatori per gli ambienti marini costieri, sono necessari ulteriori protocolli metodologici ufficiali, allo scopo di definire le linee guida per identificare indicatori ecologici rispondenti ai requisiti dei programmi di monitoraggio della qualità delle acque marine costiere italiane.

A questo proposito, può essere utile seguire le indicazioni di USEPA: *Evaluation Guidelines For Ecological Indicators* (EPA/620/R-99/005, May 2000³), che descrivono un processo di valutazione tecnica degli

¹ http://www.sinanet.apat.it/site/_contentfiles/00037000/37062_AIM_1999_29.pdf

² APAT CTN-ARPAT AIM_T_RAP_Q3_15 -

<http://www.sinanet.apat.it/site/contentfiles/00037000/37085AIMTRAP0315def.pdf>

³ http://www.epa.gov/emap/html/pubs/docs/resdocs/ecol_ind.pdf

indicatori ecologici composta di 4 fasi. Ogni indicatore proposto deve infatti poter rispondere alle seguenti domande:

Fase 1 – rilevanza concettuale: l'indicatore è rilevante per la richiesta gestionale e la risorsa o funzione ecologica a rischio?

Fase 2 – fattibilità dell'applicazione: i metodi di campionamento e misura delle variabili ambientali sono tecnicamente fattibili, appropriati ed efficienti per un loro uso nell'ambito di un programma di monitoraggio?

Fase 3 – variabilità della risposta: gli errori umani di misura della variabilità naturale spaziale e temporale sono sufficientemente compresi e documentati?

Fase 4 – interpretazione ed utilizzazione: l'indicatore fornirà informazioni sulle condizioni ecologiche significative per le decisioni gestionali?

Chiaramente, questo processo non intende stabilire l'accettabilità o l'efficacia di un indicatore in assoluto, ma semplicemente permette di verificare se un particolare indicatore è adatto in relazione a specifici obiettivi. Inoltre, va ricordato che l'uso dei bioindicatori, sebbene costituisca uno strumento di fondamentale importanza nel rilevare una possibile compromissione di un ambiente, nella maggior parte dei casi non è in grado di identificare precisamente ed univocamente le cause della compromissione, poiché l'ambiente solitamente è interessato da stressori multipli.

Alla fase di monitoraggio, deve quindi necessariamente seguire una fase di identificazione degli stressori, ad esempio seguendo le indicazioni della *United States Environmental Protection Agency (Stressor Identification Guidance Document, Office of Research and Development, Washington DC 20460, EPA/822/B-00/025, December 2000)*.

MONITORAGGIO BIOLOGICO DELL'ARIA

DI MARZIA ONORARI, ARPA TOSCANA

L'APAT si occupa del monitoraggio della qualità dell'aria nel suo complesso, studiando le varie componenti che, singolarmente o in sinergia tra loro, sono in grado di alterare le condizioni ambientali, lo stato di benessere dell'uomo, degli animali e delle piante. Gli inquinanti e le particelle, esaminati attraverso le centraline chimico-fisiche e il biomonitoraggio, possono essere d'origine antropica e naturale. Fra quelli naturali, sono di natura biologica: pollini, alghe, batteri e spore fungine. Per lo studio di queste problematiche ARPAT ha attivato un'Articolazione Funzionale Regionale di Aerobiologia e costituito un "Gruppo di lavoro ARPAT sul monitoraggio della qualità dell'aria tramite licheni epifiti e altre tecniche di biomonitoraggio"

Viene illustrata l'attività dell'Agenzia nel campo del Monitoraggio Aerobiologico e del Biomonitoraggio con particolare riferimento al percorso attivato per la gestione in qualità delle reti di monitoraggio. Nel 2005 è stata accreditata, per prima a livello nazionale, dal Sistema Nazionale Accreditamento Laboratori (SINAL) per la norma UNI 1108/2004 - Qualità dell'aria "Metodo di campionamento e conteggio dei pollini e delle spore fungine aerodisperse" e nel 2006 per il metodo "Indice di biodiversità lichenica Manuale ANPA 2001".

VALUTAZIONE ECOTOSSICOLOGICA DI SEDIMENTI FLUVIALI E CONFRONTO CON I RISULTATI FORNITI DALL'INDICE BIOTICO ESTESO (IBE)

DI TRISTANO LEONI, ARPA MARCHE

Nell'ambito del programma di monitoraggio dei corpi idrici superficiali e sulla spinta di precedenti esperienze relative ad una prima applicazione di batterie di saggi biologici su acque e sedimenti, accelerate dall'entrata in vigore dell'ormai abrogato D. Lgs. 152/99, ARPAM ha voluto continuare questo tipo di attività integrandola in un programma regionale di controllo delle acque superficiali in genere. Questo programma, definito come APQ (Accordo Programma Quadro), prevede un approccio integrato chimico, ecotossicologico e biologico per la valutazione della qualità dei corpi idrici superficiali.

Mentre per le acque marino costiere questo approccio è oramai consolidato e ben definito a seguito della pluriennale esecuzione dei programmi previsti dalla convenzione tra le Regioni ed il Ministero dell'Ambiente, per le acque dolci non esiste niente di simile e diversi gruppi di lavoro nazionali hanno proposto vari tipi di approccio secondo le loro esperienze e disponibilità. Anche ARPAM nel recente passato ha sperimentato l'applicazione dei saggi biologici più diffusi su acque e sedimenti fluviali.

Nelle precedenti campagne, in cui sono state considerate alcune delle stazioni di campionamento corrispondenti a quelle indagate in questo lavoro, sono stati ottenuti i risultati illustrati in Tabella 1.

Organismo	Matrice	Durata	Tipologia	End-point	Risultati
<i>Daphnia magna</i>	Elutriato di sedimento	24/48 h	Acuto	Immobilizzazione	Nessuna positività
<i>Daphnia magna</i>	Acqua interstiziale	24/48 h	Acuto	Immobilizzazione	Nessuna positività
<i>Brachionus calyciflorus</i>	Elutriato di sedimento	24/48 h	Acuto	Mortalità	Nessuna positività
<i>Lepidium sativum</i>	Sedimento tal quale	72 h	Subcronico	Germinazione e allungamento radicale	Spiccata ormesi

Tab. 1 Organismi sottoposti a prova in 24-48-72 ore in test acuto e subcronico.

Questi risultati, determinati probabilmente dal tipo di contaminazione preminente nella nostra realtà, ci hanno indotto a utilizzare in questo programma saggi cronici, e in questa scelta siamo stati confortati dai risultati di una prima applicazione di questo approccio in un precedente progetto nazionale.

La scelta degli organismi da utilizzare per l'allestimento della batteria ha tenuto conto dei seguenti fattori:

- valenza ambientale della matrice sedimento tal quale;

- importanza degli elutriati sia per la verifica della quota idrosolubile dei microinquinanti aventi affinità per il sedimento, sia per la loro potenziale rimobilizzazione nel corso dei frequenti eventi di piena;
- utilizzo di organismi appartenenti a diversi livelli della catena trofica;
- esplorazione di differenti vie di esposizione;
- livello di contaminazione generalmente contenuto delle acque e dei sedimenti dei fiumi oggetto del progetto;
- buona applicabilità e relativa facilità di esecuzione dei test in laboratorio;
- esperienze pregresse.

Sulla base di queste esigenze è stata allestita una batteria che prevede tre organismi per la matrice sedimento, come illustrato nella tabella 2.

Organismo	Matrice	Durata	Tipologia	End-point
<i>Daphnia magna</i>	Elutriato di sedimento	7 giorni	Cronico	Mortalità Inibizione della riproduzione
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Elutriato di sedimento	72 h	Cronico	Inibizione della crescita
<i>Heterocypris incongruens</i>	Sedimento tal quale	6 giorni	Cronico	Mortalità Inibizione dell'accrescimento

Tab. 2 Organismi sottoposti a prova in 24-48-72 ore in test cronico.

Per esplorare anche il comparto ambientale acqua, ove si distribuisce una quota dei microinquinanti che vengono riversati nell'ambiente, sono stati analizzati campioni acquosi tal quali e campioni concentrati con tecnica SPE, utilizzando gli organismi seguenti:

Organismo	Matrice	Durata	Tipologia	End-point
<i>Daphnia magna</i>	Campione acquoso concentrato	24/48 h	Acuto	Immobilizzazione
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Campione acquoso tal quale	72 h	Cronico	Inibizione della crescita

Tab. 3 Organismi sottoposti a prova in 24-48-72 ore in test acuto-cronico.

Per questo lavoro sono stati presi in esame soltanto i risultati ottenuti con la matrice sedimento, che riteniamo prioritaria anche se il nuovo monitoraggio previsto dal D. Lgs. 152/06 non ne prevede al momento l'utilizzo.

Per quanto riguarda l'IBE non c'è bisogno di presentazioni in quanto questo indice ci ha permesso per decenni di monitorare gli effetti biologici dell'inquinamento su una parte importante dell'ecosistema fluviale. Il metodo, così come proposto, è tarato in particolare sulle pressioni derivanti dalle attività antropiche che ha come conseguenza diretta l'aumento della sostanza organica, l'intorbidamento delle acque, la riduzione del tenore di ossigeno disciolto ecc. che tendono a far

scompare, parallelamente all'aumento della temperatura dell'acqua, i *taxa* più sensibili mano a mano che ci spostiamo da monte verso valle. Proprio per questo motivo sono stati confrontati i risultati dell'IBE con quelli dei test di tossicità sul sedimento i quali, pur nell'ambito di una analogia scarsa specificità di risposta, possono vantare, se condotti con organismi adeguati per i quali venga considerato un adeguato end-point, una sensibilità elevata e più direttamente collegata alla contaminazione chimica.

Materiali e metodi: raccolta campioni

Le indagini, ancora in corso, sono state eseguite con cadenza annuale nei periodi di maggior criticità e corrispondenti ai periodi di magra dei fiumi.

Il campionamento dei sedimenti è stato effettuato, per ciascuna stazione, privilegiando le zone di deposizione delle componenti più fini e prelevando almeno tre subcampioni che sono stati riuniti in un contenitore di polietilene o vetro da 1 litro riempito completamente. I campioni sono stati conservati al buio, alla temperatura di $5 \pm 3^\circ\text{C}$ fino al momento dell'analisi. Prima delle analisi il sedimento è stato omogeneizzato e ne è stata determinata l'umidità.

La preparazione degli elutriati ha seguito la norma "*American Society of Testing and Materials (ASTM) (1998) Standard guide for conducting sediment toxicity test with freshwater invertebrates*", che prevede la diluizione 1:4 p/v con acqua di differente composizione in funzione del tipo di test.

A completamento dell'indagine è stata eseguita la determinazione di IPA, PCB, alcuni pesticidi e metalli.

Negli elutriati acquosi sono stati misurati i seguenti parametri: pH, ammoniaca, solfuri, come ulteriore elemento interpretativo di fenomeni tossici evidenziati dai saggi.

– Test di tossicità cronica con Daphnia magna Strauss

Test condotto secondo quanto previsto dal metodo ISO/CD20664:2001 modificato in alcune sue parti con particolare riferimento alle modalità di allevamento degli organismi, per la cui conduzione è stato seguito il metodo APAT – IRSA 8020:2003.

Neonati di *Daphnia magna* vengono isolati 6, 7, 8, giorni prima dell'esecuzione del test e accresciuti secondo il protocollo di allevamento.

Per ciascun campione vengono allestite 5 repliche per ogni concentrazione e controllo, che sono incubate a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ per 7 giorni.

Durante il periodo di incubazione vengono effettuati il rinnovo delle soluzioni, la verifica della mortalità delle madri e del numero di neonati partoriti secondo le cadenze stabilite dalle *timetable* del metodo stesso.

Gli *end-point* considerati sono % di mortalità e % di inibizione della fertilità rispetto al controllo; per l'accettabilità del test la mortalità delle madri nel controllo a 7 giorni deve essere inferiore al 20% e il numero totale di neonati deve essere superiore a 155.

– Test d'inibizione algale con Pseudokirchneriella subcapitata

Test condotto su elutriati acquosi secondo il metodo ISO 8692:2004, effettuando 6 repliche sui campioni tal quale e sul controllo.

Ogni campione viene filtrato su membrana da $0,45\mu$, addizionato con appropriate quantità di terreno di coltura e con un inoculo di alghe in

crescita esponenziale pari a 5000 cell/ml, quindi trasferito in piastre multipozzetto 24 per 3 ml.

L'incubazione avviene ad una temperatura di $23 \pm 2^\circ\text{C}$ per 72 h e con una luminosità di 6000 lux; la concentrazione algale viene determinata con un contaparticelle.

Il tasso di crescita medio del controllo deve determinare un incremento della densità cellulare di un fattore 62 a fine test, il coefficiente di variazione del tasso di crescita del controllo non deve superare il 5% e il pH nel controllo non deve crescere più di 1,5 unità per tutta la durata del test

– *Test di tossicità cronica mediante contatto diretto con Heterocypris incongruens*

Test condotto sul sedimento tal quale secondo la metodica del Toxkit distribuito dalla ditta Ecotox.

Il test prevede la schiusa, in *Standard Freshwater*, dopo esposizione per 52 ore a 25°C e illuminazione continua di 4000 lux, di cisti di *Heterocypris incongruens*. Dopo 48 ore i neonati vengono nutriti con alga Spirulina in polvere per le restanti 4 ore.

Il test viene allestito in triplo su micropiastre da sei pozzetti aggiungendo in ciascuno di essi 2 ml di soluzione standard, 2ml di soluzione algale di nutrimento, 1 grammo di sedimento campione o controllo e 10 giovani ostracodi.

Dopo sei giorni di esposizione delle piastre, al buio e a 25°C si procede a valutare i due *end-point* considerati: la % di inibizione della crescita rispetto al controllo e la % di mortalità.

Valutazione statistica dei risultati

I risultati dei test sono stati valutati utilizzando un test statistico non parametrico, il test di *Wilcoxon-Mann-Whitney* per verificare la significatività statistica delle differenze di risultato relative ai campioni ed i rispettivi controlli alla probabilità $p = 0,05$.

Indice Biotico Esteso (IBE)

È stato utilizzato il metodo APAT CNR IRSA 9010 Manuale 29/2003, che si basa sull'analisi di un gruppo di organismi animali invertebrati comunemente definiti "macroinvertebrati", che colonizzano tutte le differenti tipologie dei corsi d'acqua.

Consente di formulare diagnosi della qualità degli ambienti di acque correnti sulla base delle modificazioni prodotte nella composizione della comunità di macroinvertebrati a causa di fattori di inquinamento o di significative alterazioni fisiche dell'ambiente fluviale.

La definizione del valore dell'indice da assegnare ad una determinata sezione di un corso d'acqua si basa su una tabella a due entrate, dove, in ordinata sono riportati alcuni gruppi di macroinvertebrati che, dall'alto verso il basso, riflettono una sempre minore sensibilità agli effetti di alterazione della qualità dell'ambiente, e in ascissa sono riportati degli intervalli numerici che fanno riferimento al numero totale di Unità Sistematiche rinvenute nella stazione di campionamento.

Il giudizio di qualità è quindi fondato su due tipi di indicatori: la presenza nel campione di "taxa" a differenti livelli di sensibilità alle alterazioni del corso d'acqua e la ricchezza totale della comunità.

Risultati e discussione

In figura 1 sono riportate le percentuali di effetto ottenute con i singoli saggi e per ciascun fiume. Per *Daphnia* ed ostracode sono riportati solamente i risultati relativi di riproduzione ed accrescimento rispettivamente, dal momento che con entrambi i saggi non è stata riscontrata mortalità superiore ai controlli; questo a conferma della presenza di livelli di contaminazione tali da determinare soprattutto effetti subletali.

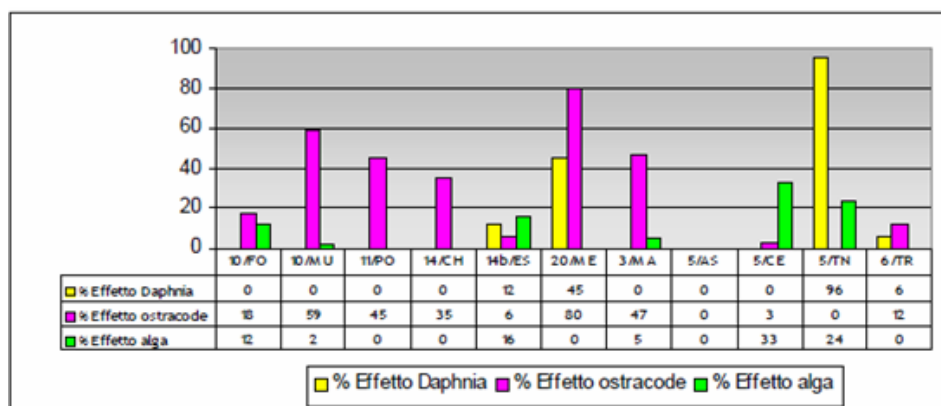


Fig. 1 Risultati saggi ecotossicologici

L'organismo che ha risposto in un numero maggiore di casi, e con effetti più consistenti, è stato sicuramente l'ostracode per motivi legati oltre che all'organismo in se, al fatto che esso è stato cimentato con il sedimento *in toto*. Questo fatto riconferma l'estrema importanza di questa matrice che è da considerare strategica nel caso in cui debbano essere valutati gli stress tossici, recenti e passati, a cui viene sottoposto un corpo idrico. In questo caso anche l'importanza dei rapporti intimi che l'ostracode contrae con il sedimento e la via di esposizione digestiva, hanno contribuito alle buone performance di questo saggio. In diversi casi inoltre la positività con tale test è stata, oltre che consistente, anche dissociata dalle risposte degli altri due saggi condotti su elutriato.

Sia il test algale che il test cronico a 7 giorni con *Daphnia magna* su elutriato, hanno fatto registrare risposte più basse ed in particolare quest'ultimo non ha evidenziato situazioni peculiari in cui poteva avere un ruolo di marcatore; a tal proposito è bene chiarire che la spiccata risposta di questo organismo nella stazione 5/TN è dovuta alla presenza di discrete quantità di ammoniaca non ionizzata. Il test algale, sebbene in un ambito di risposte più contenute rispetto all'ostracode, ha evidenziato casi di positività dissociata da quella degli altri saggi.

Nella figura 2 sono riportati i risultati ottenuti applicando l'Indice Biotico Esteso. Come si nota, il risultato relativo ai vari corsi d'acqua mostra oscillazioni contenute e comprese tra 6 e 7,6. Si tratta di stazioni poste a livello dei tratti di pianura e che si inseriscono in prossimità della chiusura dei relativi bacini ove sembra influire sul risultato più la localizzazione lungo l'asta che le specifiche criticità a carico delle singole stazioni. In effetti, come anche richiamato nell'introduzione, l'IBE così come strutturato, risponde preferenzialmente ad inquinamenti di tipo organico ed inoltre i meccanismi di compressione dei dati volti a definire il valore dell'indice

stesso in funzione della presenza dei *taxa* rilevati, ed ancor più la sua trasformazione in classi di qualità, determinano una perdita delle informazioni iniziali sulla composizione della comunità.

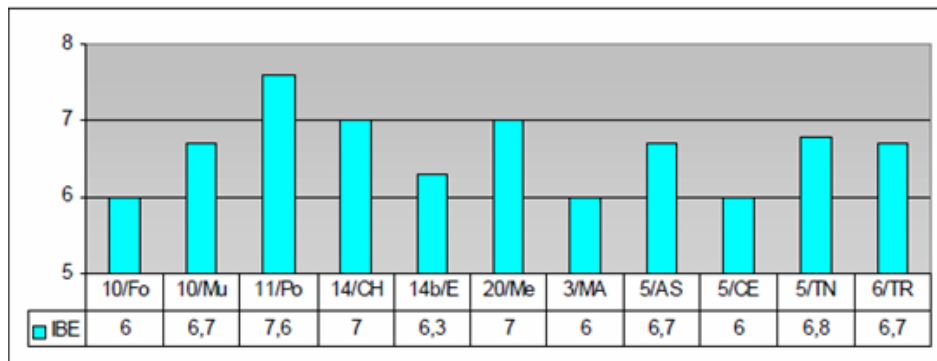


Fig. 2 Risultati Indice Biotico Esteso (IBE)

Come si nota dalla figura 3, in un ambito di risultati dell'IBE così compressi, si assiste invece ad una notevole variabilità del risultato del test cronico su sedimento tal quale con ostracode, per il quale esiste una similitudine di esposizione con alcuni *taxa* considerati dallo stesso metodo IBE.

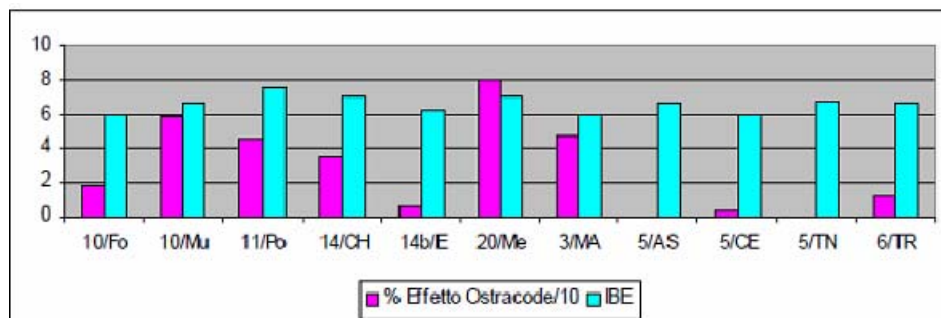


Fig. 3 Risultati saggi con Ostracode vs Indice Biotico Esteso

Nelle stazioni in cui i risultati sembrano meglio aggregare (14b/ES, 5/CE, 5/TN), nel momento in cui si considera il risultato della intera batteria, in particolare del test algale, essi dissociano nuovamente.

Si ritiene che tale disparità appaia più elevata del dovuto per via della compressione dei risultati come sopra riferito, mentre potrebbe ridursi nel caso si considerasse quantitativamente la presenza dei singoli *taxa*, i rapporti tra essi, abbondanze ecc.

Nel caso si consideri invece l'andamento dei risultati di più anni (2005-2007), relativamente all'IBE e al test cronico su sedimento con ostracode, si assiste invece ad una ritrovata correlazione positiva nel triennio considerato nel senso che, ad una diminuzione del valore della tossicità del sedimento corrisponde un aumento del valore dell'IBE e viceversa.

Questo fenomeno risulta particolarmente visibile nella stazione 5/TN, ma è ancora evidente, seppure in minor grado, nelle stazioni 14/CH e 11/PO (figure 4, 5, 6).

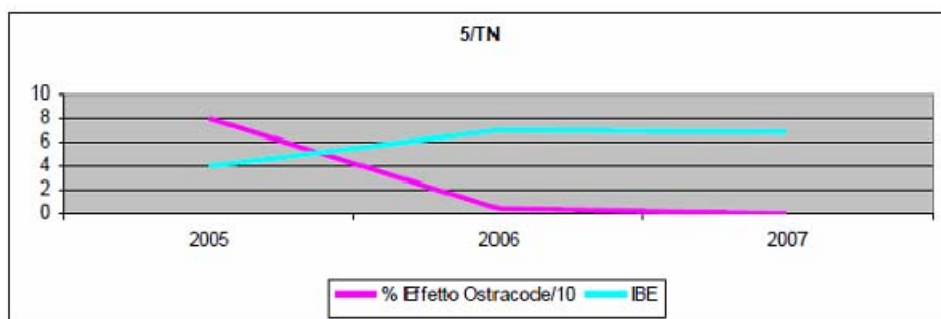


Fig. 4 Risultati triennali stazione 5/TN dei saggi con Ostracode vs Indice Biotico Esteso

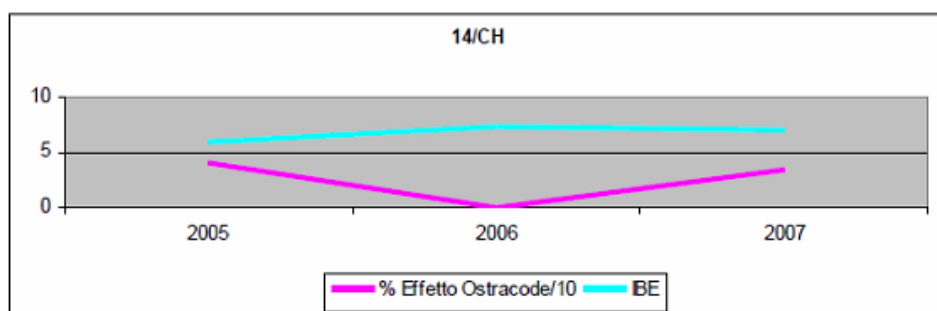


Fig. 5 Risultati triennali stazione 14/CH dei saggi con Ostracode vs Indice Biotico Esteso

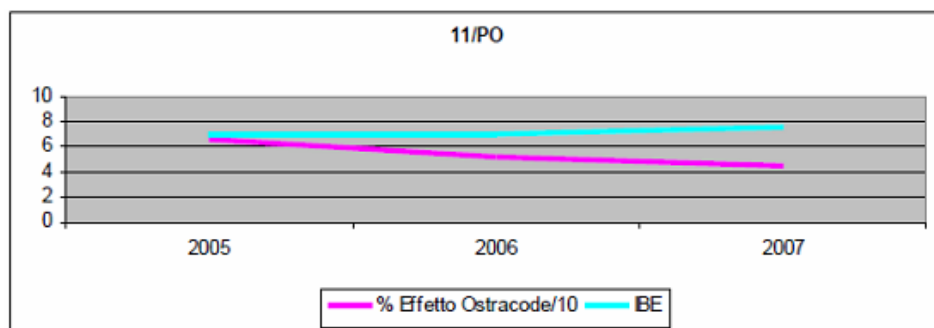


Fig. 6 Risultati triennali stazione 11/PO dei saggi con Ostracode vs Indice Biotico Esteso

Anche il raffronto dei dati ecotossicologici e chimici è interessante. In figura 7 sono riportate le concentrazioni nei sedimenti fluviali di nichel, piombo e cromo che, nella realtà marchigiana, risultano essere più rappresentati rispetto ad altri, come evidenziato più volte durante varie campagne di monitoraggio.

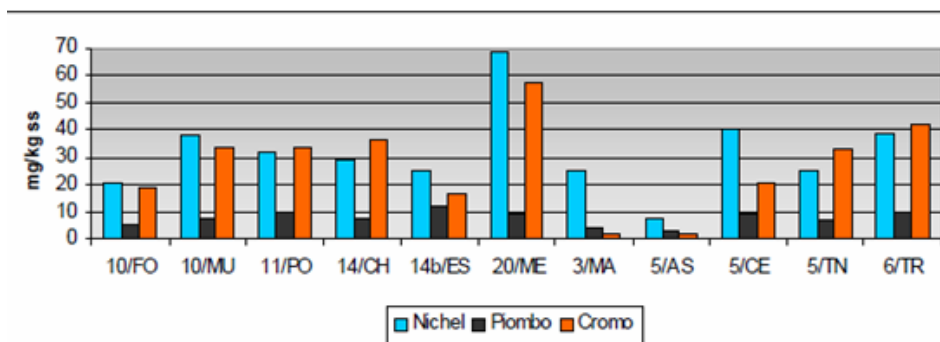


Fig. 7 Concentrazione metalli nei sedimenti

Come è possibile osservare dall'esame della figura 8, per quanto riguarda il sedimento, esiste una buona correlazione tra la concentrazione dei metalli e il grado di positività del test con ostracode. In particolare questo saggio sembra risentire soprattutto della presenza del nichel.

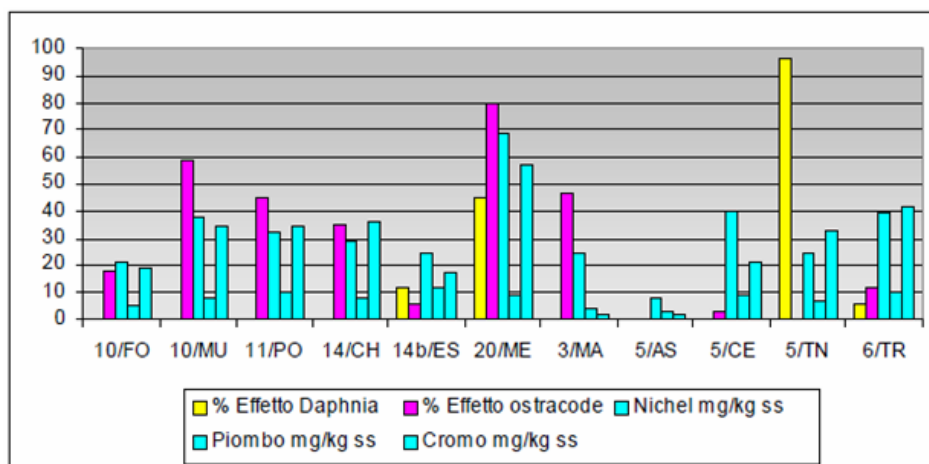


Fig. 8 Risultati saggi con *Daphnia* e ostracode vs concentrazione metalli

Relativamente alla classe dei pesticidi, bisogna ricordare che nei sedimenti fluviali ne sono stati ricercati solo un numero limitato, e alcuni di essi appartengono al gruppo dei clorurati storici (DD's ed altri) per i quali non è più consentito l'utilizzo, sebbene ne sia possibile un uso illecito.

Tra i principi attivi ricercati l'Alachlor, oltre ad essere ancora usato soprattutto nella coltivazione del mais, possiede caratteristiche chimico fisiche tali da rendere possibile il trasferimento di quantità significative in fase acquosa durante la preparazione degli elutriati; inoltre è da rilevarne la presenza quasi ubiquitaria nei fiumi marchigiani.

Questi aspetti hanno spinto a considerare l'Alachlor come marcatore per la classe dei pesticidi nei fiumi considerati in questo lavoro.

In figura 9, sono riportate le concentrazioni dell'Alachlor nei sedimenti fluviali mentre in figura 10 è rappresentato l'andamento del test algale nell'elutriato acquoso in rapporto alla concentrazione di Alachlor sempre nei sedimenti. Malgrado le limitazioni e le approssimazioni di cui sopra, sembra esistere una parziale associazione tra le due variabili, ma a parte

questo, nelle stazioni 10/FO, 14b/ES, 5/CE e 5/TN è stata rilevata una risposta isolata del test algale con discrete percentuali di effetto in presenza di Alachlor. Sulla base di questi confronti isolati tra batteria di saggi biologici, IBE e dati chimici, nonché delle associazioni rilevate, è realizzabile un confronto tra i vari dati cercando di integrare quanto più possibile i risultati relativi alle singole stazioni al fine di sopperire alle limitazioni che ciascuna indagine indubbiamente ha.

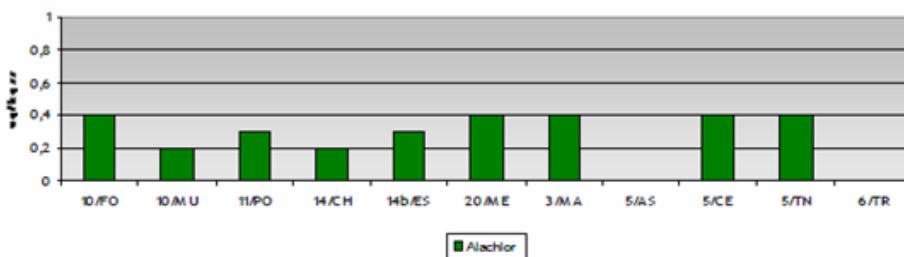


Fig. 9 Concentrazione Alachlor nei sedimenti

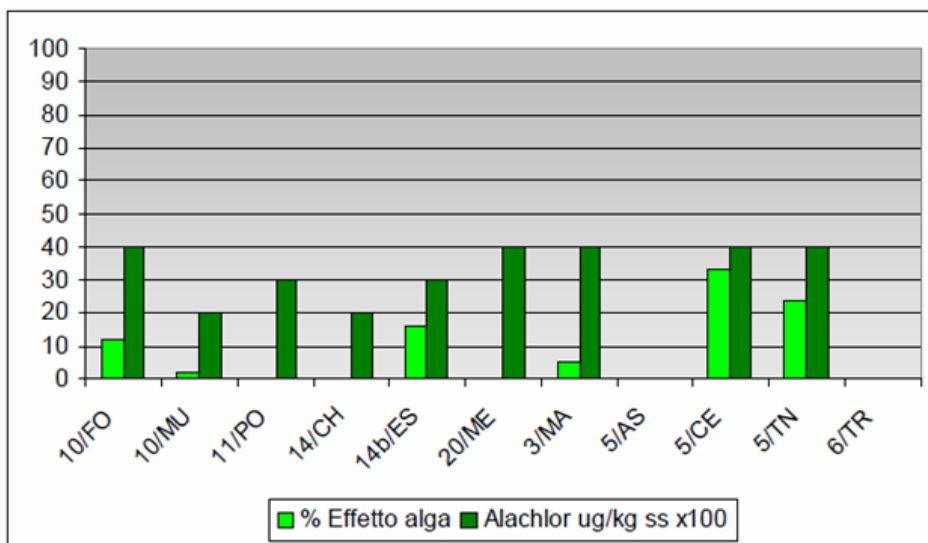


Fig. 10 Risultati test algale vs concentrazione Alachlor

In operazioni di questo genere è importante non tanto la ricerca forzata di correlazioni positive, al contrario la strategia dell'approccio integrato è proprio quella di utilizzare i risultati di tutte le misure effettuate, cercando di motivare le eventuali dissonanze tra esse.

Nelle figure 11, 12, 13 sono descritti tre esempi reali derivanti dalla applicazione dei concetti sopra esposti.

- CASO 1: nella stazione 6/TR, si rileva presenza di tossicità (62% di riduzione dell'accrescimento con ostracode) in presenza di concentrazioni di metalli discrete (cromo 42, nichel 40, piombo 10 mg/Kg ss) con valori di IBE pari a 7,4 (classe III piena) e contestuale presenza di alcuni microinquinanti organici (PCB, IPA): probabile stress iniziale indotto da sostanze chimiche tossiche.

- CASO 2: nella stazione 5/TN si rileva presenza di tossicità elevata (80% di riduzione dell'accrescimento con ostracode) in presenza di basse concentrazioni di metalli (cromo 10, nichel 10, piombo 4 mg/Kg ss) con valori di IBE pari a 4 (classe IV) in assenza di microinquinanti organici: sostanze chimiche tossiche stanno degradando il sistema, ma probabilmente non appartengono alle classi dei microinquinanti analizzati.
- CASO 3: nella stazione 5/AS, si rileva quasi totale assenza di tossicità in presenza di concentrazioni di metalli basse (cromo 14, nichel 10, piombo 4 mg/Kg ss) con valori di IBE pari a 6 (classe III *borderline*) in assenza di microinquinanti organici (si fa notare che il valore atteso dell'IBE con questo pattern di contaminazione sarebbe più elevato): l'alterazione non è verosimilmente dovuta alla presenza di sostanze chimiche tossiche.

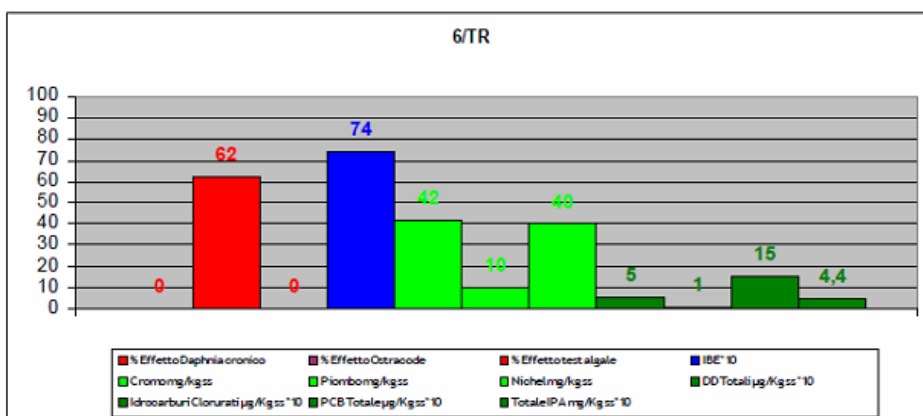


Fig. 11 Risultati stazione 6/TR dei saggi ecotossicologici vs IBE vs esami chimici (metalli e microinquinanti organici)

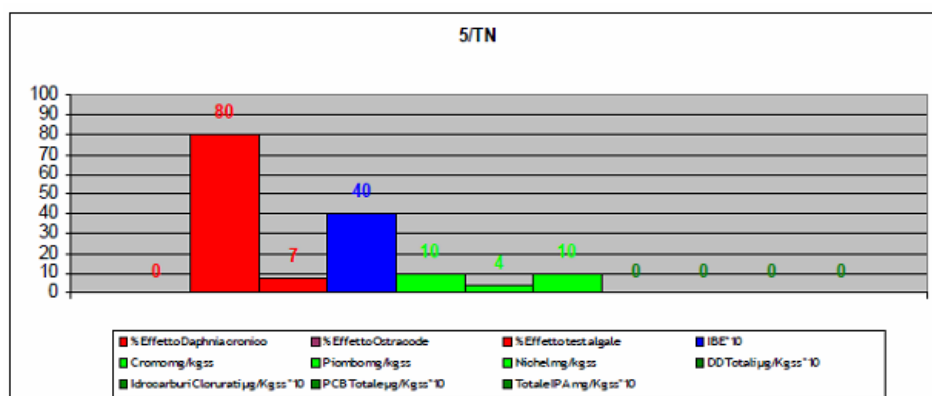


Fig. 12 Risultati stazione 5/TN dei saggi ecotossicologici vs IBE vs esami chimici (metalli e microinquinanti organici)

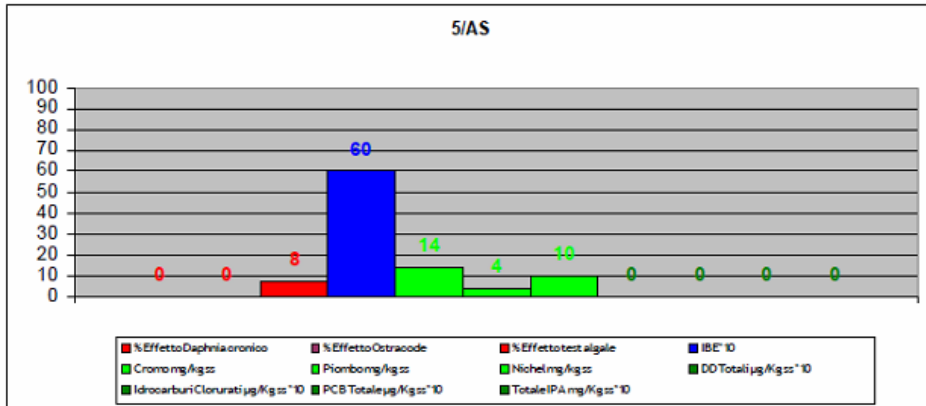


Fig. 13 Risultati stazione 5/AS dei saggi ecotossicologici vs IBE vs esami chimici (metalli e microinquinanti organici)

Conclusioni

L'aver utilizzato una batteria di saggi cronici ha sicuramente fatto superare le iniziali limitazioni in tema di risultati falsi negativi derivanti dall'uso esclusivo di test acuti.

Si consideri che le concentrazioni dei contaminanti rilevate al di sopra del LOQ sono comunque relativamente basse se confrontate con i criteri di qualità riportati in tabella 2 del D.L. 367/03, sebbene tale tabella si riferisca ai soli sedimenti marini e il decreto in questione sia stato abrogato dal 152/06.

È comunque in discussione il suo reintegro nella modifica dell'all. 1 del D. LGS. 152/06. Questo depone per una buona sensibilità dei test usati e anche la complementarità tra i saggi è risultata essere abbastanza buona, individuando risposte preferenziali in base al tipo di contaminante presente. D'altra parte in questa batteria sembra ridondante l'utilizzo di due crostacei, sebbene testati su matrici diverse, ed è evidente la robustezza del test con ostracode sul sedimento *in toto*. Il test algale mantiene un suo ruolo di possibile marcatore per i pesticidi mentre il test con *Daphnia* potrebbe essere eventualmente sostituito con un altro in grado di evidenziare ulteriori *end-point* quali mutagenicità e/o teratogenicità.

Per quanto riguarda l'approccio integrato, sebbene utilizzando strumenti comparativi molto semplici, esso ha permesso di superare almeno in parte le limitazioni derivanti dalla applicazione dei soli dati di chimica analitica.

L'affiancamento dei dati forniti dall'IBE e, ultimamente, di quelli relativi ai saggi biologici cronici, può effettivamente evidenziare situazioni di rischio ambientale indicando nel contempo anche le probabili cause del degrado e gli approfondimenti mirati da effettuare. In questa ottica l'applicazione di saggi biologici adeguati si pone come sicuro fulcro e via di comunicazione tra i dati chimici e quelli tipicamente ecologici. Questo approccio risulta essere rispettoso del vero significato del termine "Ecotossicologia", Scienza che integra elementi di tossicologia ambientale, ecologia e chimica al servizio di una tutela dell'ambiente reale e realistica.

MONITORAGGI BIOLOGICI ED ECOTOSSICOLOGICI PER IL SUOLO

DI BONA GRISELLI, ARPA PIEMONTE

I monitoraggi biologici ed ecotossicologici sul suolo in ARPA Piemonte, ed in generale su tutto il territorio nazionale, non sono stati così numerosi come invece è accaduto per altre matrici ambientali quali l'aria o l'acqua. In questi ultimi anni, tuttavia, nella nostra Agenzia sono stati sviluppati dei progetti specifici sugli aspetti biologici ed ecotossicologici di questa matrice, poiché si sentiva fortemente l'esigenza di iniziare ad affrontare lo studio del suolo con un approccio integrato.

L'analisi delle biocenosi terrestri permette di acquisire importanti indicazioni sugli effetti dovuti a fattori di pressione e degrado del suolo. Gli organismi edafici sono infatti dei buoni bioindicatori, in quanto estremamente sensibili sia alle alterazioni naturali sia a quelle antropiche. Il metodo proposto dal Prof. Parisi dell'Università di Parma (Parisi, 2001) consente, mediante l'analisi dei microartropodi e l'elaborazione dell'Indice QBS-ar, di stimare la qualità biologica del suolo. Per la valutazione dell'indice QBS-ar vengono rilevate le "forme biologiche" presenti, intendendo come tali un insieme di organismi, che hanno in comune modificazioni morfologiche finalizzate all'adattamento alla vita ipogea; maggiore è la presenza di organismi adattati, migliore è la qualità del suolo.

Le prime esperienze in ARPA Piemonte riguardanti l'analisi dei popolamenti della mesofauna risalgono al 2001, grazie al ruolo di promozione svolto dal CTN TES e all'attività del personale operante nell'ambito della Conservazione della Natura. Le indagini sono state condotte sui punti della rete del monitoraggio diffuso (CTN SSC, 2001), rappresentati prevalentemente da suoli agrari e sulla rete del progetto LUCAS gestito da EUROSTAT nell'ambito del programma CORINE Land Cover. Inizialmente è stata adottata una metodologia semplificata e più speditiva rispetto al metodo ufficiale; sebbene essa abbia fornito interessanti informazioni a scala regionale ed abbia consentito sin dall'inizio d'indagare un numero elevato di stazioni, non consentiva la confrontabilità con i dati derivanti da altri monitoraggi. Si è pertanto, a partire dal 2004, utilizzato il metodo Parisi e parallelamente si è proceduto a diversificare gli habitat indagati, includendo anche ambienti naturali. Nei Rapporti sullo Stato dell'Ambiente di ARPA Piemonte a partire dall'anno 2001 sono riportati i risultati derivanti da tali approfondimenti.

Tra gli anni 2004-2007 sono stati monitorati circa 390 campioni relativi alle seguenti tipologie d'uso del suolo: seminativi avvicendati, boschi naturali, colture arboree forestali, colture agrario legnose e prati stabili.

Partendo dall'osservazione, peraltro attesa, che ogni tipologia d'uso del suolo, sia dal punto di vista della distribuzione dei valori di QBS-ar, sia della composizione delle comunità, poteva presentare peculiarità che la caratterizzano, ci siamo posti l'obiettivo di definire dei criteri per individuare differenti livelli qualitativi a seconda della specifica tipologia d'uso del suolo e di individuare delle "condizioni ottimali" di riferimento per permettere una stima dello scostamento da esse.

La proposta classificativa formulata individua 4 classi qualitative, che, a partire dalla Classe 1 fino alla Classe 4, corrispondono ai seguenti giudizi: Qualità insufficiente, Qualità sufficiente, Qualità buona, Qualità eccellente.

Per l'attribuzione della classe di qualità sono stati presi in considerazione sia i valori dell'Indice QBS-ar, sia la presenza di forme biologiche euedafiche (forme altamente adattate alla vita nel suolo) ritenute significative e discriminanti quali: Proturi, Dipluri, Pseudoscorpioni, Diplopodi, Pauropodi, Sinfili, Chilopodi e Coleotteri (è stata applicata la *Indicator Species Analysis* per valutarne la significatività). Si è, invece, osservato che le forme euedafiche rappresentate da Acari e Collemboli sono scarsamente discriminanti.

I valori di QBS-ar, individuati come soglia di passaggio da una classe all'altra potevano essere definiti considerando alcuni parametri statistici di base quali i valori minimo (min), massimo (max), la deviazione standard (σ) e la presenza più o meno consistente di alcune forme euedafiche. Per il passaggio dalla classe 1 (insufficiente) alla 2 (sufficiente) e dalla classe 3 (buona) alla 4 (eccellente) si è visto che in genere potevano essere consideranti rispettivamente i valori "min + σ " e "max - σ ". Per le classi intermedie da 2 (sufficiente) a 3 (buona) si è tenuto conto, a seconda della tipologia di uso del suolo, della presenza più o meno consistente di forme euedafiche discriminanti, della presenza di Proturi e di valori "soglia" di QBS-ar.

Il criterio adottato nell'individuazione di valori "soglia" di QBS-ar si concilia bene con il rinvenimento o scomparsa, tra una classe e l'altra, di gruppi euedafici significativi.

Il test non parametrico di *Kruskal-Wallis* ha confermato la significatività di differenze riscontrate per quanto riguarda le distribuzioni dei valori di QBS-ar e il numero forme euedafiche fra le tipologie d'uso del suolo indagate, ad eccezione di colture agrario legnose e colture arboree forestali per le quali è stato proposto un unico criterio classificativo.

Questa prima proposta di classificazione verrà sottoposta all'APAT e all'Università di Parma con l'intento di poter dare avvio alla definizione di criteri classificativi da adottare a livello nazionale. Il raggiungimento di questo obiettivo rappresenterà un ulteriore passo avanti per l'impiego dell'indice QBS-ar in molteplici attività in cui sono coinvolte le Agenzie per l'ambiente: valutazioni d'impatto ambientale, caratterizzazione dei siti da bonificare, monitoraggio dell'efficacia di interventi di recupero e rinaturalizzazione ecc...

In ARPA Piemonte, oltre ad un impiego a scala regionale, la mesofauna è stata applicata nello sviluppo di progetti specifici di monitoraggio integrato chimico, biologico ed ecotossicologico:

- studio della qualità del suolo in ambiente urbano e peri urbano a Torino e Cuneo;
- studio del sito contaminato di rilevanza nazionale "ACNA di Cengio", nell'ambito di una collaborazione con l'Università Cà Foscari di VE "Progetto ERA MANIA";
- studio del sito contaminato di rilevanza nazionale "Ecolibarna" durante la fase di caratterizzazione.

Altra indagine ecologica eseguita presso la nostra Agenzia riguarda lo studio della microfauna; in particolare vengono studiati i Nematodi, che rappresentano un valido strumento di misura degli attributi funzionali e strutturali della catena trofica del suolo, secondo il metodo proposto da

Bongers, 1990. La valutazione del *Maturity Index* (MI) consente di stimare genericamente il livello di stress a cui il suolo è sottoposto.

L'indice si basa sull'abbondanza e ricchezza di famiglie di Nematodi tenendo conto della proporzione fra *colonizers* (r-strategists) e *persisters* (K-strategists).

Le comunità di Nematodi, in habitat disturbati, sono dominate da *colonizers*. I *persisters* sono invece più sensibili agli inquinanti e ad altri elementi di disturbo, pertanto il MI serve anche a stimare l'impatto dovuto ad inquinanti noti e non, incluse le loro complesse interazioni con la componente biotica e abiotica del suolo. La sistematica dei Nematodi è alquanto complessa ed il metodo richiede un'elevata esperienza e dei tempi eccessivamente lunghi.

Anche per quanto riguarda le indagini ecotossicologiche, la loro applicazione in Arpa Piemonte alla matrice suolo risulta sporadica e associata ad attività progettuali specifiche. La normativa cogente gioca, infatti, un ruolo importante nell'indirizzare gli ambiti d'indagine e i suoli, nonostante la loro importanza, vengono sottoposti a minori approfondimenti ecotossicologici rispetto alle matrici liquide con particolare riferimento alle acque reflue.

Dal presupposto, ormai consolidato, che un'indagine non si può considerare completa se si trascurano le informazioni relative all'effetto tossico complessivo, derivante dalle interazioni fra i vari contaminanti e alla loro biodisponibilità, in ARPA Piemonte è stata selezionata una batteria di test ecotossicologici e di mutagenesi da applicare sul suolo.

La batteria comprende organismi situati a diversi livelli trofici tra cui alcuni peculiari del suolo.

Due organismi: *Vibrio fischeri* (IRSA-CNR 8030 Man 29/2003) e *Daphnia magna* (UNI EN ISO 6341:1999) vengono testati su elutriato, mentre altri quattro organismi: *Folsomia candida* (ISO 11267:1999-E), *Sorghum saccharatum* (UNICHIM 1651:2003), *Lepidium sativum* L. (UNICHIM 1651:2003), *Heterocypris incongruens* (Ostracodotoxkit F), vengono messi direttamente a contatto con la matrice solida. A questa batteria di test ecotossicologici vengono inoltre affiancati due test di mutagenesi: il test di Ames (ISO 16240:2005) e l'SOS chromotest (Quillardet P., Hofnung M. 1993) eseguiti su estratto organico del suolo.

Le esperienze fatte in ARPA ci incoraggiano a proseguire in questa direzione. Le sperimentazioni sui siti contaminati hanno permesso di evidenziare una buona concordanza con le evidenze chimiche, ma hanno anche consentito di rilevare elevati effetti tossici in siti dove i limiti tabellari non erano superati, ma in cui erano presenti sostanze non contemplate negli elenchi tabellari o un *pool* di composti il cui effetto complessivo non si può trascurare se si vuole procedere in un'ottica di salvaguardia di un'ampia varietà di specie.

L'impiego dei test ecotossicologici può essere previsto a differenti livelli di indagine dei siti contaminati, dalla fase di caratterizzazione, al monitoraggio dell'efficacia degli interventi di bonifica; sarebbe addirittura auspicabile che gli standard di bonifica venissero formulati in base alla diminuzione o eliminazione dell'effettiva tossicità globale o non solo in base ad una lista predeterminata di concentrazioni di sostanze chimiche.

Si sottolinea l'importanza di un confronto fra i tecnici che operano sul suolo per scambiare esperienze e definire protocolli comuni.

ORMESI: LA RIVOLUZIONE DOSE/RISPOSTA

DI LUCIANA MIGLIORE, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR VERGATA"

La monografia pubblicata lo scorso anno è frutto della collaborazione tra APAT e l'Università di Tor Vergata, su un argomento di punta: la riscoperta di un modello dose/risposta, il modello ormetico, oggetto di studio di molti e prestigiosi laboratori scientifici a cavallo tra la fine dell'ottocento e gli inizi del novecento. Questo modello si va ad aggiungere ai modelli dose-risposta tradizionalmente usati, il modello a soglia (usato nel *risk-assessment* per le sostanze non cancerogene) e il modello lineare (usato nel *risk-assessment* per le sostanze cancerogene a basse dosi). Infatti, in numerosi studi recenti è evidente che un modello dose-risposta frequentemente rilevato è quello denominato modello a curva-U o risposta ormetica bifasica. La risposta ormetica viene definita bifasica in quanto produce effetti opposti sull'organismo a seconda della dose a cui esso è esposto: a basse dosi si ha un modesto effetto stimolatorio, mentre si ha un effetto inibente ad alte dosi. A seconda dell'*end-point* considerato la curva può essere rappresentata o come una U dritta (se si sta valutando l'incidenza di una malattia) o rovesciata (se si stanno misurando funzioni fisiologiche).

L'ormesi non è un effetto specifico dell'agente che la induce, poiché è indotta da un'ampia varietà di agenti diversi (sostanze chimiche, radiazioni ecc.). L'ubiquità della risposta ormetica in molti *taxa* porta a pensare che abbia una base biologica comune, e che possa rappresentare una risposta adattativa comune a tutti i sistemi biologici.

L'ECOTOSSICOLOGIA NEGLI AMBIENTI ACQUATICI

DI NADIA LUCIA CERIOLI, APAT

Il Rapporto APAT "L'ecotossicologia negli ambienti acquatici" costituisce la prima ricognizione presso le ARPA/APPA dello stato dell'arte delle analisi ecotossicologiche sulle tre matrici ambientali, con particolare riferimento all'ambiente acquatico.

Dopo aver illustrato le caratteristiche dell'acqua, sia dal punto di vista chimico-fisico e biologico che da quello normativo, viene presentato un *excursus* sull'ecotossicologia e sulle analisi ecotossicologiche delle acque. Quindi, vengono mostrati i risultati della ricognizione effettuata nel 2005, mediante un questionario inviato alle ARPA/APPA, in cui sono state richieste notizie in merito ai saggi ecotossicologici eseguiti presso tutti i Dipartimenti provinciali.

Le risposte, pervenute alla data del 31.12.2005, coprono poco più del 50% del territorio nazionale e danno una chiara indicazione sulla diffusione e sulle tipologie dei saggi effettuati.

Innanzitutto, le matrici maggiormente indagate risultano essere ancora quelle legate al D. Lgs. 152/99, anche in considerazione del momento in cui è stata effettuata l'indagine conoscitiva, mentre gli organismi maggiormente utilizzati risultano essere il crostaceo *Daphnia magna* e il batterio bioluminescente *Vibrio fischeri*, sebbene sia stato riscontrato l'impiego di una grande varietà di specie, sia animali che vegetali.

Le tipologie di analisi effettuate, invece, spaziano dai saggi ecotossicologici, a quelli di fitotossicità, a quelli di genotossicità, mutagenesi, embriotossicità, bioaccumulo. Anche i protocolli utilizzati sono i più diversi e provengono da fonti eterogenee, spesso con adattamenti e "personalizzazioni" alle proprie realtà territoriali. La maggior parte dei Dipartimenti provinciali, comunque, applica ancora le metodiche dei Manuali APAT IRSA-CNR 29/2003. Le frequenze di analisi sono per lo più settimanali.

L'indagine effettuata ha messo in luce alcune criticità, che riguardano soprattutto la necessità di uniformare le metodiche a livello nazionale e di inserirle in una normativa nazionale che tenga conto dell'importanza di questo tipo di analisi ai fini della tutela del patrimonio ambientale.

SVILUPPO DI STRUMENTI PER LA DEFINIZIONE DI QUALITÀ AMBIENTALE: LA BANCA DATI SUGLI INDICATORI BIOLOGICI

DI ANTONELLA ARCANGELI, APAT

L'APAT, Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, svolge le funzioni tecnico-scientifiche e tecnico-operative nelle materie di competenza del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. La funzione dell'Agenzia è quella di fornire il quadro dei dati e delle informazioni disponibili, necessarie per monitorare lo stato dell'ambiente a supporto dell'attività di governo a tutti i livelli.

A questo scopo l'APAT principalmente raccoglie, sistematizza e organizza dati che vengono rilevati dalle diverse strutture presenti nel territorio nazionale, in particolare dalle agenzie ambientali ma non solo. In questo quadro di riferimento, il Dipartimento Difesa della Natura e il servizio Tutela della Biodiversità, contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi fissati dalla normativa nazionale ed europea in materia di difesa dell'ambiente e della biodiversità, il cui strumento principale è la Convenzione sulla Diversità biologica (CBD).

Nell'ambito delle proprie competenze, il Dipartimento sviluppa e sostiene quindi linee di azione a sostegno degli obiettivi della CBD, in particolare all'art. 7 – Individuazione e monitoraggio, e che possono essere ricondotte a tre filoni principali: lo sviluppo e la messa a sistema di strumenti per il monitoraggio della qualità ambientale (indicatori e indici), sviluppo di linee guida per la conduzione dei monitoraggi, compreso il supporto alle reti di raccolta e di intercalibrazione del dato, e il reporting ambientale nelle materie di propria competenza.

Nonostante gli indicatori siano lo strumento di sostegno a di tutte le azioni che riguardano il monitoraggio, non esiste ancora una banca dati ufficiale che riunisca tutti gli indicatori esistenti, utili alla valutazione della qualità ambientale e che sia tarato sulle esigenze nazionali. A questo scopo, il DB dell'annuario dei dati ambientali è un utile supporto soprattutto per la fase di reporting ambientale, meno utile come strumento per la selezione dell'indicatore o del set di indicatori più idonei nella fase di pianificazione di un monitoraggio della qualità ambientale, in particolare per il settore legato alla biosfera.

A questo scopo è utile un'interfaccia di interrogazione del *database* molto chiara, basata sui metadati e completa di tutti i criteri utili all'individuazione dell'indicatore più idoneo per lo specifico piano di monitoraggio (inclusi ad esempio i criteri individuati da EPA o da EEA). A questo scopo, il settore "Bioindicatori e tossicologia ambientale" nell'annualità passata ha portato avanti un progetto di sviluppo relativo agli indicatori biologici che ha come obiettivo la creazione del supporto informatico del DB degli indicatori biologici e l'inserimento dei diversi indicatori e indici in uso nei diversi campi di indagine in modo da fornire un supporto allo sviluppo di una metodologia integrata per la valutazione ed il monitoraggio della qualità ambientale.

Gli sviluppi successivi prevedono la sperimentazione del DB presso diversi settori per verificarne l'efficienza di utilizzo per i diversi campi di indagine a

cui far seguire eventuali correzioni e modifiche e, di seguito, la verifica della opportunità di un collegamento ai contenuti di altri DB in uso in APAT. Fine ultimo è contribuire alla riorganizzazione e standardizzazione di una metodologia e di strumenti di indagine per la valutazione integrata della qualità degli ecosistemi attraverso l'uso di indicatori ed indici biotici: dove usarli, come usarli e cosa ci indicano.

MANUALE IBL E RETE DI MONITORAGGIO DEI LICHENI

DI MARIA FRANCESCA FORNASIER, APAT

La presentazione illustra il percorso seguito per la standardizzazione a livello europeo dell'Indice di Biodiversità Lichenica come esempio di lavoro da seguire per i tavoli tecnici istituiti a tale scopo.

La pubblicazione de "I.B.L. Indice di biodiversità lichenica: manuale applicativo" costituisce un valido esempio di processo seguito per dare a una metodica la dignità di metodo standardizzato e condiviso a livello europeo.

Inoltre nella pubblicazione viene riportato un sistema nazionale di monitoraggio (rete) ideato e costruito su base statistica e sperimentato a livello locale per l'uso dei licheni come bioindicatori ma estendibile ad altre metodiche di biomonitoraggio. Vengono illustrati i punti di forza della rete ed il contributo che tale sistema produce sulla precisione nella stima dei valori medi e nella rappresentazione dei dati nonché sull'analisi integrata di più sistemi di monitoraggio.

LA STRATEGIA TEMATICA SUL SUOLO E I NUOVI TRAGUARDI COMUNITARI

DI LUCA MONTANARELLA, COMMISSIONE EUROPEA - JRC

Il 22 settembre 2006 la Commissione europea ha adottato la strategia tematica per la protezione dei suoli, composta da una comunicazione della Commissione, da una proposta di direttiva quadro e da una valutazione d'impatto.

La comunicazione presenta il punto di vista della Commissione europea riguardante la politica di protezione dei suoli a livello comunitario e stabilisce gli obiettivi di tale politica, che possono essere riassunti nella necessità di raggiungere un elevato livello di protezione dei suoli su scala europea, con particolare riguardo per le funzioni che il suolo svolge per lo sviluppo economico e per gli ecosistemi.

La proposta di direttiva quadro è fondata sui principi della precauzione e dell'azione preventiva, sul principio della correzione, in via prioritaria alla fonte, dei danni causati all'ambiente, sul principio "chi inquina paga", sulla conservazione delle funzioni del suolo, sulla prevenzione del suo degrado e della mitigazione degli effetti di tale degrado, del ripristino dei suoli degradati e dell'integrazione di queste problematiche in altre politiche settoriali. Le minacce considerate sono l'impermeabilizzazione, la contaminazione, la perdita di materia organica, la salinizzazione, la compattazione, l'erosione e gli smottamenti.

La proposta di direttiva richiede agli Stati membri l'individuazione delle aree a rischio per questo tipo di minacce e l'istituzione di programmi nazionali di misure. Occorrerà identificare l'estensione delle aree che presentano dei rischi, i quali, ai fini della coerenza e della comparabilità attraverso la Comunità, dovranno essere reperiti in base ad elementi comuni ripresi nell'allegato I della direttiva. Una volta identificate le aree a rischio, sarà inoltre necessario che gli Stati membri adottino obiettivi di riduzione del rischio e programmi di misure per conseguire tali obiettivi.

Per quanto riguarda la contaminazione del suolo, la proposta di direttiva obbliga gli Stati membri all'istituzione di un inventario dei siti contaminati sul loro territorio, tramite una procedura a tappe che vede, in primo luogo, l'individuazione dei siti dove attività potenzialmente inquinanti (allegato II) hanno o hanno avuto luogo. Tale identificazione dovrà essere completata entro cinque anni e seguita da due tappe ulteriori: una riguardante la misurazione dei livelli di concentrazione delle sostanze pericolose in ciascuno dei siti individuati nella prima tappa e l'ultima consistente nel condurre un'analisi di rischio in ciascuno dei siti per i quali le concentrazioni di sostanze pericolose supereranno un determinato valore di soglia, da determinare da parte degli Stati membri. Per questa lunga procedura di valutazione, la proposta di direttiva dà agli Stati membri 25 anni di tempo dalla data di recepimento. In parallelo all'elaborazione dell'inventario nazionale, gli Stati membri dovranno provvedere affinché i siti contaminati identificati siano sottoposti ad interventi di bonifica. La proposta direttiva non fissa una scadenza per quanto riguarda gli interventi di bonifica, ma richiede agli Stati membri di preparare, sulla base dell'inventario dei siti contaminati ed entro sette anni dalla data di recepimento, una strategia nazionale di bonifica.

La biodiversità nel suolo è uno dei temi prioritari della nuova strategia tematica. Raggiungere dei livelli di protezione della biodiversità nei suoli, comparabili con il tipo di obiettivi già in corso di attuazione per la biodiversità in superficie, richiede un incremento notevole delle conoscenze di base degli ecosistemi presenti nei vari suoli dell'Europa. Viene di conseguenza soprattutto proposto un aumento degli investimenti in programmi di ricerca mirati allo studio della biodiversità nel suolo. Questa strategia è coerente con le proposte avanzate a livello globale nell'ambito della Convenzione per la Biodiversità (CBD), che propone una prima ricognizione delle informazioni tassonomiche disponibili sui vari organismi animali, vegetali e batterici presenti nei suoli. Molti di questi "taxa" sono tuttora non classificati o del tutto sconosciuti. Solo in un secondo tempo si potrà passare all'impianto di una strategia di protezione della biodiversità del suolo coerente con le conoscenze acquisite.

Il Parlamento europeo ha adottato il testo della direttiva in prima lettura nel novembre 2007 ed il Consiglio Ambiente dovrebbe raggiungere un accordo politico nel dicembre 2007. Il testo finale della direttiva potrebbe essere adottato entro la fine del 2008 o l'inizio del 2009.

IL SISTEMA DI INDICATORI DELL'AGENZIA EUROPEA PER L'AMBIENTE

DI ANNA RITA GENTILE, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY

Sin dal 2004 l'Agenzia europea dell'ambiente ha concentrato parte delle sue attività nell'individuazione e nello sviluppo di un set di indicatori ambientali prioritari (*core set*).

Nell'individuare e sviluppare gli indicatori del *core set*, l'Agenzia è stata guidata dal bisogno di identificare un numero ristretto di indicatori che siano significativi, stabili ma non statici, e che diano risposte a specifiche questioni di politica ambientale definite prioritarie. Gli obiettivi del *core set* sono molteplici:

- fornire una base informativa stabile e ben gestibile, da utilizzare nella valutazione dei progressi conseguiti rispetto a specifici obiettivi di politica ambientale;
- stabilire una scala di priorità per il miglioramento dei flussi di dati sia in termini di qualità che di copertura geografica, allo scopo di aumentare la comparabilità e ridurre le incertezze delle valutazioni e delle informazioni prodotte;
- canalizzare i contributi dell'Agenzia verso altre iniziative di questo tipo a livello europeo e internazionale.

Il *core set* comprende 37 indicatori, che coprono sei temi ambientali (inquinamento atmosferico e ozono, cambiamenti climatici, rifiuti, acque, biodiversità e suolo) e quattro settori economici (agricoltura, energia, trasporti e pesca).

Gli indicatori sono popolati ed aggiornati periodicamente con i dati forniti dalla rete europea di informazione e osservazione ambientale (EIONet) attraverso flussi di dati specifici.

UTILIZZO DI ELEMENTI BIOLOGICI PER LA VALUTAZIONE DELLO STATO DI QUALITÀ DELLE ACQUE COSTIERE IN EUROPA

DI CECILIA SILVESTRI, APAT

Valutazioni dello stato di qualità degli ambienti acquatici sono state basate per decenni su analisi di parametri chimico-fisici e delle concentrazioni di specifici inquinanti nelle acque. Negli ultimi anni l'utilizzo di indicatori biologici per valutazioni più integrate dello stato degli ecosistemi acquatici ha cominciato ad assumere un ruolo significativo sia nel campo della ricerca che in quello normativo. A livello europeo l'entrata in vigore della Direttiva 2000/60/CE, più comunemente nota come Direttiva Quadro sulle Acque, ha rappresentato una pietra miliare in tal campo, introducendo la richiesta di un valutazione integrata dello stato di qualità degli ecosistemi acquatici, dove gli elementi biologici di qualità assumono un ruolo di primaria importanza.

Per le acque marino-costiere, oltre alla Direttiva quadro, altre legislazioni e politiche europee e Convenzioni internazionali, già in vigore e/o in via di sviluppo ed approvazione, richiedono l'utilizzo di elementi biologici di qualità in un approccio ecosistemico ("*Ecosystem Based Approach*") per la gestione e protezione all'ambiente marino.

Lo scopo della presentazione è quello di fornire un panorama sull'utilizzo presente e futuro di tali indicatori evidenziando similitudini, possibili collegamenti e sovrapposizioni, nell'analisi dell'ambiente marino costiero dell'"ecoregione" Mediterranea.

STATISTICA NEI MONITORAGGI PREVISTI DAL D. LGS. 152/99

DI RENATO BAUDO, CNR - ISE

L'uso della statistica nei monitoraggi previsti dal D. Lgs. 152/99 e successive modifiche ed integrazioni, è indispensabile perché il giudizio possa essere obiettivo invece che soggettivo. Inoltre, l'applicazione dei criteri statistici sottolinea l'importanza della programmazione nel processo di determinazione qualità delle acque.

Sostanzialmente, sono da prevedere: una prima fase di pianificazione (processo di *Data Quality Objectives* (DQO)) e una successiva fase di valutazione dei risultati (*Data Quality Assessment* (DQA)).

A questo proposito, è opportuno far riferimento a due documenti della *United States Environmental Protection Agency, Office of Environmental Information Washington, DC*.

- *Guidance on Systematic Planning Using the Data Quality Objectives Process EPA QA/G-4. EPA/240/B-06/001*
- *Data Quality Assessment: Statistical Methods for Practitioners. EPA QA/G-9S. EPA/240/B-06/003*

Seguendo queste indicazioni, il processo DQO prevede sette tappe, da completare prima di procedere all'acquisizione dei dati:

- Definizione del problema
- Identificazione/definizione della decisione da prendere
- Identificazione delle informazioni (dati) necessari per prendere la decisione
- Definizione della popolazione bersaglio
- Sviluppo delle regole decisionali ed identificazione dei parametri della popolazione necessari per prendere la decisione
- Specifica dei limiti di errore tollerabili nel prendere la decisione
- Scelta di un piano di campionamento ottimale.

Successivamente, quando tutte le necessarie informazioni sono state raccolte, si procede al DQA, che a sua volta prevede 5 tappe:

- Revisione degli obiettivi del progetto e del piano di campionamento
- Esame preliminare dei dati
- Scelta dei metodi statistici
- Verifica delle assunzioni dei metodi statistici
- Elaborazione delle conclusioni.

Se si applica questa procedura al caso italiano, e precisamente al D. Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 (aggiornato con il D. Lgs. 18 agosto 2000, n. 258), "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole", è evidente che le prime 3 fasi del DQO si possono ritenere "quasi" complete.

Già la quarta fase risulta invece incompleta, perché per la definizione della popolazione bersaglio in funzione della tipologia, viene prescritto l'intero

set di elementi che devono essere studiati e l'ambito spaziale e temporale dell'indagine. Viene, però, lasciata allo sperimentatore la scelta delle unità di campionamento.

Per la quinta fase, non sono del tutto soddisfacenti le regole decisionali: in particolare, per ciascun tipo di acque, sono stati stabiliti i criteri qualitativi da rispettare, ma non vengono chiaramente indicati i limiti di errore tollerabili (tappa 6), né il piano di campionamento ottimale (tappa 7), genericamente demandato alle Autorità e/o allo sperimentatore.

In pratica, non vengono chiaramente stabiliti i metodi statistici che, sulla base dei dati ambientali, consentono di stabilire:

- se sono rispettati i limiti di legge;
- se i valori osservati sono cambiati rispetto ad una precedente ispezione;
- a quale classe può essere attribuito l'ambiente studiato.

In definitiva, per una corretta interpretazione dei risultati ottenuti nell'applicazione del D. Lgs. 152/99, l'uso dell'approccio statistico è decisamente raccomandabile e si auspica che, in futuro, il regolamento di applicazione del decreto legge dirimi questi dubbi.

Tuttavia, come consiglia Chapman (2002), bisognerebbe ricordare la saggia affermazione di Aristotele: "è indice di una mente istruita l'accontentarsi del grado di precisione consentito dalla natura del soggetto, e non cercare l'esattezza quando è possibile solo un'approssimazione della verità"⁴.

⁴ Chapman, P.M. 2002. Mistakes made/Lessons learned. *Environ. Toxicol. Chem.*, 21: 891-893

UTILIZZO DEI MUSCHI NEL MONITORAGGIO BIOLOGICO

DI ROBERTO MICHELE CENCI, COMMISSIONE EUROPEA/JRC

Il controllo della qualità dei comparti ambientali diviene giorno dopo giorno sempre più indispensabile. Occorre avere dati sempre aggiornati per poter decidere e prendere in tempi brevi misure protettive per salvaguardare la salute dell'uomo.

Le metodiche "tradizionali", che si basano prevalentemente su analisi chimiche, hanno giocato e ancora oggi giocano un ruolo fondamentale nel fornire dati relativi alla qualità dell'ambiente.

Da alcuni decenni si utilizzano bioindicatori prevalentemente di origine vegetale per il monitoraggio dell'aria, del suolo, dell'acqua e altri comparti. I primi passi sono stati indecisi e timidi, ma ora la bioindicazione riveste un ruolo di primaria importanza e appare un mezzo diagnostico indispensabile per le valutazioni della qualità ambientale.

Le motivazioni che hanno portato e portano all'utilizzo dei bioindicatori sono molteplici. Appare opportuno citare il ridotto costo di gestione dei bioindicatori, la loro plasticità di adattamento, la possibilità di investigare grandi aree, la valutazione delle sinergie dei vari contaminanti. L'elenco delle loro peculiarità sarebbe molto lungo. Per valutare parte delle qualità dell'aria e le ricadute al suolo di gas, elementi inorganici e composti organici si possono citare i licheni ottimi indicatori per la SO₂ presente nelle città e in molti ambienti extraurbani. Le foglie di tabacco per l'ozono, gli aghi di pino o le foglie di leccio per metalli pesanti, diossine. Questi sono solo alcuni esempi, la lista sarebbe troppo lunga perché venisse riportata.

Nel panorama dei bioindicatori i muschi rivestono una parte preponderante per valutare parte della qualità dell'aria e le ricadute al suolo di metalli pesanti, radionuclidi, diossine, idrocarburi policiclici aromatici e altri contaminanti persistenti.

Tre sono gli aspetti salienti che hanno decretato il successo dei muschi:

1. La vastità di impiego su vasta scala, ad esempio lo studio di monitoraggio ideato dal professor Rhöling per l'intera Europa (figura 1)
2. I muschi sono normati, quindi si possono paragonare i dati con quelli ottenuti da altri ricercatori sparsi per il mondo
3. Le numerose e importanti caratteristiche intrinseche dei muschi (la mancanza di vere radici è un esempio).

Questo ultimo aspetto, relativo alle caratteristiche dei muschi, pone in primo piano il loro utilizzo rispetto alla quasi totalità dei bioindicatori vegetali e animali.

I campi di applicazione vanno dal cortile di casa ai continenti. Sono molto utilizzati per valutare il "livello zero" prima dell'entrata in funzione di grossi impianti e seguirne il decorso nel tempo (figura 2).

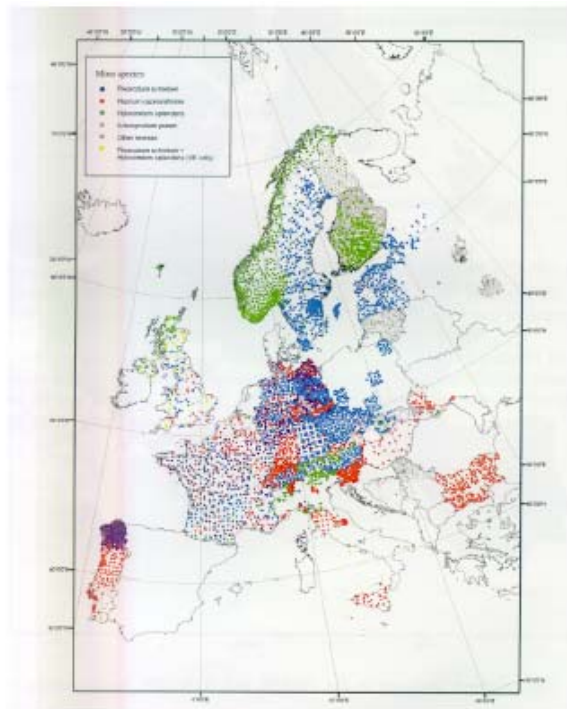


Figura 1. Aree di campionamento dei muschi in Europa

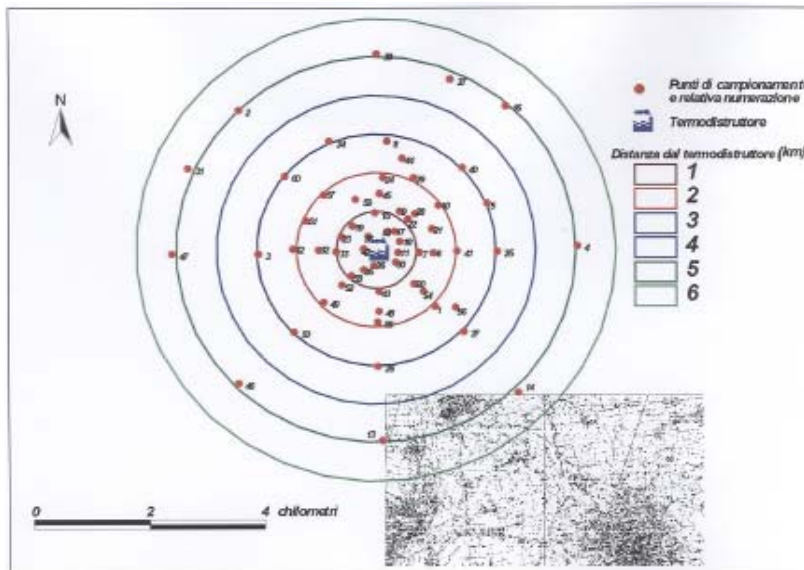


Figura 2. Esempio di aree di campionamento per l'ottenimento del "punto zero" prima dell'entrata in funzione di un termovalorizzatore

Occorre comunque tenere presente che l'utilizzo dei bioindicatori deve essere sempre affiancato con i "metodi classici", inoltre le informazioni che si ottengono presentano una "finestra" di interpretazione ampia e di tipo ambientale.

MECCANISMI DI BIODISPONIBILITÀ DEL SUOLO

DI GIANNIANTONIO PETRUZZELLI, CNR - ISE

La salute dell'uomo è, in larga parte, determinata dalla qualità della nutrizione; il suolo è la fonte primaria degli elementi e delle sostanze che l'uomo assorbe attraverso la dieta, infatti oltre il 98% degli alimenti deriva direttamente o indirettamente dal terreno.

La qualità del suolo riveste, dunque, un'importanza fondamentale per la salute umana e sembra piuttosto sorprendente che, nell'ambito della scienza del suolo, esistano pochi studi su questo argomento. Pur nella evidente difficoltà di raccogliere competenze multidisciplinari diverse, che spesso parlano linguaggi differenti, appare ormai indilazionabile un approfondimento della relazione suolo - salute in special modo in una società, come quella odierna, caratterizzata da profondi squilibri, nella quale esistono, ad esempio, aree industrializzate soggette a fenomeni di inquinamento derivante da eccessi di metalli, e aree nelle quali la carenza degli stessi elementi nel suolo provoca danni irreversibili alla salute. La comprensione dei meccanismi che legano qualità del suolo e salute passa attraverso l'identificazione dei processi di biodisponibilità, che regolano il trasferimento delle sostanze dal suolo all'uomo attraverso la catena alimentare e altri percorsi di esposizione. Nel suolo, la biodisponibilità è la risultante di una serie di complessi processi di trasferimento di massa e di assorbimento che sono determinati dalle proprietà delle sostanze, dalle caratteristiche del suolo e dalla biologia degli organismi interessati. Il concetto di biodisponibilità è utilizzato da molto tempo nella scienza del suolo, ad esempio per definire la quantità di un elemento (N, P, K ecc.) che è disponibile per la nutrizione vegetale e rappresenta spesso la base per decidere la quantità di fertilizzante da impiegare in un certo tipo di terreno per una determinata coltura. Questo approccio non è immediatamente trasferibile in ambito ambientale, dove è necessario conoscere i meccanismi di inquinamento per definire sia i rischi che ne derivano sia le possibili misure per eliminarlo. La biodisponibilità deve essere valutata non esclusivamente per le piante, ma anche per gli altri esseri viventi presenti nel suolo, pur restando il segmento ambientale suolo - pianta quello di maggiore importanza per la salute dell'uomo.

Pur essendo riconosciuto dalla comunità scientifica che la biodisponibilità è la chiave di volta per comprendere i pericoli derivanti dall'inquinamento, una delle principali difficoltà nell'applicazione pratica del concetto di biodisponibilità in campo ambientale, deriva dalla mancanza di un consenso univoco su quali metodologie impiegare per la sua misura. Per anni la chimica del suolo ha esplorato diverse strategie di valutazione della frazione biodisponibile di una sostanza o di un elemento, spesso alla ricerca di un estraente chimico valido per tutte le sostanze. L'impiego combinato di più metodi chimici, biologici, tossicologici, ognuno dei quali fornisce un contributo alla conoscenza dei processi di biodisponibilità sembra offrire una soluzione di rilevante interesse soprattutto se associato a una approfondita conoscenza delle caratteristiche specifiche del suolo in esame.

**WORKSHOP TEMATICO SUOLO:
“BIODIVERSITÀ DEI SUOLI ITALIANI:
INDICATORI E APPLICAZIONI VERSO
UNA NORMATIVA NAZIONALE”**

ROMA, 22 MAGGIO 2008

INTRODUZIONE

Sono lieto di introdurre questa giornata, ricordando che si tratta del primo evento che il nostro Paese ha organizzato in occasione della Giornata Internazionale della Biodiversità, quest'anno dedicata al tema Biodiversità ed Agricoltura.

Il Settore Bioindicatori ed ecotossicologia, di cui al momento ho responsabilità, si sta strutturando per rendersi utile a tutti coloro che si occupano di indicatori biologici ed ecotossicologici, e per fornire degli strumenti utili al corretto utilizzo di queste metodiche sul territorio nazionale. In tal senso, potremo portare un contributo al percorso già avviato a gennaio di quest'anno con il *workshop* di due giorni su "Bioindicatori ed ecotossicologia del suolo e delle altre matrici: ricerca ed applicazione", che ha coinvolto quasi 400 persone di tutta Italia e ci ha spinto a realizzare questa serie di iniziative tematiche, tramite eventi specifici e gruppi di lavoro su Internet. Ciò per facilitare la discussione e gli scambi di dati e di informazioni, inquadrare le linee di ricerca prioritarie da attivare e evidenziare la necessità di una normativa quadro come strumento indispensabile alla creazione di un sistema di biomonitoraggio nazionale.

Non abbiamo incantesimi o ricette facili, offriamo i nostri sforzi e la nostra disponibilità, un pizzico di capacità tecniche e soprattutto la voglia e l'entusiasmo di sapere che stiamo lavorando per il futuro, per capire quali effetti stia causando l'attività antropica all'ambiente, e cercare di prevenirne i danni. In un futuro, speriamo prossimo, cercheremo di fornire gli elementi utili anche per rimediare in maniera efficace e naturale a questi guasti, ma per il momento dobbiamo guardare molto vicino, e vediamo che se da un lato in Italia abbiamo una fuga di cervelli e una perdita di conoscenze, spesso solo per uno spreco di fondi, investiti in attività meno ricche di applicazioni e con minori spazi di crescita, dall'altra ogni giorno che passa ci accorgiamo che nel nostro Paese troviamo una ricchezza di ambienti, comunità e specie che tutti i Paesi esteri ci invidiano.

Dovremo quindi trovare un modo per rendere questo nostro patrimonio fruibile a tutti, far comprendere a chi gestisce un terreno quale sia il modo migliore per sfruttarlo, senza intaccare la biodiversità che lo abita, e suggerire le strategie e le metodiche più idonee a una sostenibilità del suolo.

Alfonso Sbalchiero
Responsabile del Settore Bioindicatori ed ecotossicologia

QUALITÀ DEL SUOLO E QUALITÀ ALIMENTARE

DI LUIGI CAMPANELLA, SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA

Mentre il problema primario per l'uomo nei tempi passati era il vincolo quantitativo, cioè la quantità di cibo a disposizione, negli ultimi decenni, nei paesi tecnologicamente avanzati, il problema si è spostato verso nuove frontiere di qualità della vita.

È noto che esiste una correlazione tra alimentazione e mantenimento della salute. Il miglioramento del regime alimentare di una popolazione, attraverso l'offerta ai consumatori di prodotti alimentari industriali opportunamente formulati, trasformati e conservati, sembra contribuire a ridurre i fattori predisponenti manifestazioni patologiche. L'abbattimento dell'incidenza delle patologie cronico-degenerative più strettamente correlate all'alimentazione, aumenta il benessere sociale e riduce la spesa pubblica.

In campo agroalimentare, anche in seguito ai recenti avvenimenti, il concetto di qualità si riveste di innumerevoli eccezioni, tra cui quello dell'igienicità, che gioca un ruolo basilare, poiché la purezza e la sicurezza del prodotto sono considerate una *conditio sine qua non*, una caratteristica di base, essenziale affinché l'alimento stesso sia fruibile.

I recenti sviluppi scientifici hanno contribuito enormemente ad accrescere da una parte le conoscenze sulle possibilità e le fonti di inquinamento e contaminazione, dall'altra le competenze e le tecniche per prevenirle e/o porvi rimedio. Tuttavia, spesso i metodi tradizionali di rilevamento specifico delle componenti principali e loro caratterizzazione e di controllo della sicurezza del prodotto non sono totalmente affidabili; si incorre nel rischio di determinazioni imprecise, inesatte, non tempestive, di verifica *ex post* e non *ex ante / in fieri*.

La correlazione diretta fra qualità del suolo e qualità degli alimenti si è dimostrata vera in condizioni e società diverse, il che obbliga, ai fini della sicurezza e qualità alimentare, a monitorare e garantire anche la qualità e sicurezza dei suoli attraverso strategie e metodi sempre più sofisticati, sensibili e accurati per i quali il contributo della chimica è necessario e prioritario.

RUOLO DEI MICRORGANISMI NEGLI ECOSISTEMI DEL SUOLO

DI ANNA BARRA CARACCILO E PAOLA GRENNI, CNR-IRSA

I microrganismi hanno un ruolo chiave nell'ecosistema suolo poiché sono una componente fondamentale nel suo processo di formazione, nel flusso energetico dell'ecosistema, nella trasformazione della sostanza organica in inorganica (e viceversa per quelli autotrofi) e, grazie alla loro attività, gli elementi naturali vengono riciclati.

L'ecologia microbica ha come obiettivo lo studio del ruolo dei microrganismi nell'ambiente e delle loro capacità omeostatiche nei confronti delle sostanze contaminanti.

Lo studio dei microrganismi, in particolare della componente batterica, dipende innanzitutto dalla disponibilità di metodi che permettano di individuarne la presenza e di studiarne le attività.

Le nostre conoscenze sulla diversità microbica sono ancora molto incomplete a causa dei limiti imposti dai metodi colturali. Al contrario, l'uso di metodi molecolari rende possibile classificare inequivocabilmente le comunità batteriche.

In questa relazione verranno descritti alcuni metodi molecolari che si avvalgono della microscopia a fluorescenza (conta DAPI, coloranti selettivi per le cellule vive/morte, fluorocromi legati a sonde filogenetiche specifiche ecc.), che permettono di studiare *in situ* e caratterizzare filogeneticamente le comunità batteriche naturali, e il metodo per la determinazione fotometrica dell'attività deidrogenasica. Verranno presentati alcune applicazioni di tali metodi per valutare gli effetti della presenza di xenobiotici in comunità batteriche naturali. Tali studi rappresentano un contributo allo studio della diversità e attività batterica, nonché una valutazione dei possibili cambiamenti che si possono verificare nella struttura e funzione di comunità in presenza di contaminanti ambientali.

LE PROPRIETÀ BIOCHIMICHE DEL SUOLO COME INDICATORI DELLA DIVERSITÀ FUNZIONALE

DI SARA MARINARI¹, ALESSANDRA LAGOMARSINO¹, M. CRISTINA MOSCATELLI¹, LETIZIA POMPIL², ANNA BENEDETTI², STEFANO GREGO¹

¹ Università degli Studi della Toscana

² CRA-RPS - SISS

Le proprietà biochimiche sono un utile strumento per monitorare i cambiamenti del suolo a carico della biomassa microbica, responsabile della dinamica dei cicli biogeochimici degli elementi.

In questo lavoro sono presentati alcuni risultati ottenuti da sperimentazioni in ambiente mediterraneo evidenziando il significato ecologico e ambientale degli indicatori biologici del suolo. In particolare sono commentati i risultati ottenuti dalle attività svolte nell'ambito del progetto nazionale Soilsink.

Le attività degli enzimi idrolitici (fosfatasi acida, amminopeptidasi, glucosidasi, cellulasi, chitinasi e arilsulfatasi) sono state utilizzate come indicatori della diversità funzionale dei suoli di una serie vegetazionale (vigneto lavorato, vigneto non lavorato, erbaio, pascolo e sughereta) situata in Sardegna nel comune di Berchidda (SS).

Inoltre, gli indici microbici (metabolico - qCO_2 , microbico - $C_{mic} C_{org}^{-1}$ e di mineralizzazione - qM) sono stati utilizzati come indicatori dell'efficienza metabolica e del grado di limitazione dei substrati per la popolazione microbica del suolo.

I risultati hanno evidenziato un progressivo aumento del contenuto della biomassa microbica, dell'indice microbico e delle attività enzimatiche nei suoli con un grado di antropizzazione meno elevato.

Il tasso di mineralizzazione del C e il quoziente metabolico hanno mostrato un andamento opposto, registrando una progressiva diminuzione nei suoli meno antropizzati.

I suddetti risultati indicano la presenza di una comunità microbica complessivamente più efficiente nell'uso delle risorse disponibili.

Negli ultimi 20 anni le proprietà biochimiche (attività degli enzimi idrolitici e indici microbici) sono state utilizzate in molti studi come indicatori della qualità del suolo in ambienti degradati o soggetti a fenomeni di inquinamento dovuto alla presenza di idrocarburi o metalli pesanti.

Tuttavia, tali indicatori biologici risultano molto sensibili alle variabili stagionali, pertanto possono essere utilizzati nella comparazione di aree di studio soggette alle stesse condizioni climatiche oppure nel monitoraggio periodico delle variazioni indotte dalle tecniche di gestione del suolo considerando un periodo di riferimento sufficientemente lungo.

La limitazione di questi indicatori biologici è l'assenza di valori soglia universali che identificano la condizione di normalità in un sistema complesso come il suolo. Questa limitazione non consente l'immediata individuazione di una perturbazione intesa come scostamento dalla "condizione normale". In questo contesto sarebbe auspicabile poter definire i *range* dei valori registrati negli ultimi 20 anni utilizzando la stessa metodologia in varie tipologie di suolo per area climatica (e.g. in ambiente mediterraneo). Ciò aiuterebbe nell'interpretazione di un risultato ottenuto da un'analisi di monitoraggio che non prevede il rispettivo campione di controllo.

I FUNGHI COME INDICATORI BIOLOGICI NELLA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ AMBIENTALE

DI CARMINE SINISCALCO, APAT

Sulla Terra si stimano circa 1.500.000 specie di funghi, ma ne sono state descritte finora solo 72.000, appena il 4,5 % del numero stimato. Nel nostro Paese, solo negli ultimi 20 anni sono iniziati studi micologici finalizzati al censimento e alla mappatura delle specie fungine, in poche regioni e in forte ritardo rispetto ad altri Paesi europei.

In APAT gli studi sulla biodiversità micologica sono iniziati nel 2003 con una Convenzione con l'Associazione Micologica Bresadola, che dal 1957, con i propri 13.000 soci, studia i funghi su tutto il territorio nazionale. Tale convenzione ha permesso di:

- creare una banca dati per il censimento e la mappatura di macromiceti e mixomiceti d'Italia, con l'esclusione degli ascomiceti fitopatogeni;
- abbinare le specie micologiche censite agli habitat codificati dal sistema europeo CORINE Land Cover e CORINE Biotopes;
- elaborare i dati sulla frequenza e l'ecologia delle varie specie fungine e i loro rapporti con gli altri organismi edafici per sviluppare indicatori biologici per il suolo;
- sviluppare un sistema informativo per gli aspetti micotossicologici comprensivi anche dei fenomeni di bioaccumulo e bioconcentrazione di elementi e composti tossici nei funghi, sia per facilitare eventuali piani di biorisanamento, sia per gli aspetti igienico-sanitari legati al consumo alimentare dei funghi.

Queste attività permetteranno, nel breve futuro, di aumentare la connettività tra le diverse banche dati acquisite, così da permettere all'Italia di acquisire un ruolo *leader* nello studio della biodiversità micologica.

Il nostro Paese, per la sua natura geografica, è infatti dotato di una elevata diversità micotica. Il ritardo negli studi sulla biodiversità dei funghi è dovuto al numero di habitat sul nostro territorio, molti dei quali ricchissimi di specie; inoltre, va considerata la difficoltà nella determinazione dei *taxa* fungini, aggravata dalla comparsa sporadica dei corpi fruttiferi. Per ovviare a questo aspetto, negli ultimi anni si sono rafforzati gli studi specifici sulle micorrize e la loro tipologia, e altresì i micologi si sono sottoposti negli anni a continui monitoraggi ambientali.

La conservazione della biodiversità fungina non può prescindere dalla protezione degli ecosistemi che li ospitano; infatti, preservando questi luoghi, è possibile proteggere una grande parte di flora, fauna e microrganismi minacciati di estinzione.

I funghi sono entrati a far parte delle valutazioni della qualità del territorio grazie alla loro diffusione e alle attività trofiche specializzate dei vari *taxa*. In molti casi, la loro presenza o assenza, soprattutto come micorrize, viene considerata un buon indicatore per stimare la maturità o il degrado di un ecosistema. Per giungere, quindi, ad un sistema di applicazione del biomonitoraggio condiviso e comune, è indispensabile confrontare gli approcci e le proposte dei diversi soggetti che operano sul territorio nazionale.

DALLA MISURA DELLE CONCENTRAZIONI DEGLI ELEMENTI CHIMICI NEI FUNGHI SUPERIORI AL “FUNGO DI RIFERIMENTO”

DI LUIGI COCCHI¹, ORLANDO PETRINI², ROBERTO M. CENCI³, CARMINE SINISCALCO⁴

¹ Comitato Scientifico Nazionale dell'Associazione Micologica Bresadola

² Istituto Cantonale di Microbiologia (Canton Ticino, Svizzera)

³ Commissione Europea/JRC

⁴ APAT, Dipartimento Difesa della Natura

Uno degli aspetti più significativi della ricerca scientifica mirata alla comprensione dell'effettivo ruolo giocato dai macromiceti nei diversi ecosistemi è la conoscenza e la misura della presenza in essi di elementi chimici. Le motivazioni per cui questa conoscenza è necessaria vanno dagli aspetti igienico-sanitari, alle problematiche tassonomiche, fino alla possibilità di usare i funghi come indicatori della salute di un territorio.

Nel lavoro di ricerca svolto dal 1986 (anno dell'incidente di Chernobyl) è emerso che i funghi hanno un comportamento sorprendente e inatteso nei confronti degli elementi chimici in essi presenti: basti pensare ad alcune specie di funghi del genere *Agaricus*, raccolti in terreni non contaminati, nei quali sono state riscontrate elevate concentrazioni di cadmio; oppure al fungo delle praterie di alta quota, *Calvatia utriformis*, che concentra piombo, nonostante si pensasse che le alte concentrazioni di Pb nei funghi fossero indice di inquinamento da traffico urbano; infine, a tutte le specie che concentrano elevate quantità di arsenico, selenio ecc... Le difficoltà incontrate nello stabilire i criteri con cui si può definire normale la presenza di elementi chimici nei funghi hanno portato allo studio di un'unità che potesse essere usata come "pietra di paragone" specie-specifica.

L'aver costruito, nel tempo, un archivio dati che conta, al momento, circa novemila campioni di funghi per duecento generi e oltre mille specie, nelle quali sono stati misurati 34-35 elementi chimici, ha evidenziato la necessità di un'elaborazione statistica coerente con quanto emerge dalla letteratura scientifica sull'argomento, perché le deviazioni standard dei dati sono molto elevate. Ciò vuol dire che le variabili in gioco sono molte e, in particolare, non sono tutte conosciute.

Il primo passo è stato la verifica della stabilità statistica raggiunta dai dati e da qui, in relazione al contenuto tessutale di elementi chimici, l'introduzione del concetto di "fungo di riferimento" (*reference mushroom*), ossia "il campione ideale contenente le concentrazioni che corrispondono ai valori medi o mediani delle concentrazioni misurate in un elevato numero di campioni di ascomiceti e basidiomiceti".

La tecnica statistica usata è la *Multidimensional Scaling* (MDS): in tal modo è stato individuato un criterio per giungere al "fungo di riferimento" che potrà essere "elasticamente" usato per definire un qualsiasi insieme, ad esempio un genere, una specie, ma anche un territorio.

Lo studio accurato della presenza degli elementi chimici nei funghi superiori rappresenterà un tassello importante della documentazione sulla biodiversità dei viventi e noi riteniamo che i funghi siano "fabbricatori" di biodiversità.

I NEMATODI NELL'ECOLOGIA DEL SUOLO E LORO UTILITÀ COME BIOINDICATORI

DI FABIO GATTI¹, ALDO ZULLINI²

¹ Università degli Studi di Parma

² Università degli Studi di Milano

Lo studio del suolo e delle comunità animali che vivono al suo interno rappresenta l'ultima frontiera delle ricerche sulla biodiversità. Tra i numerosi gruppi sistematici che vivono nel suolo, i nematodi rappresentano una componente che svolge un ruolo fondamentale nelle dinamiche ecologiche dell'ambiente edafico.

La comunità nematologica nel suolo è costituita da forme funzionali che si collocano in più livelli della rete trofica, attraverso la quale fluisce l'energia e i cicli biogeochimici della materia vengono completati.

Complessivamente i nematodi contribuiscono a circa il 10% della mineralizzazione dell'azoto, sia attraverso la predazione esercitata su batteri e protozoi (altrettanto abbondanti e diffusi nel suolo), sia attraverso il consumo di sostanze vegetali. Il loro contributo è, dunque, significativo e la loro presenza in ogni livello trofico ci consente, studiando la struttura della loro comunità, di ottenere informazioni circa lo stato ecologico del sistema suolo.

I nematodi possono essere utilizzati come bioindicatori grazie alle loro caratteristiche biologiche ed ecologiche. Le loro proprietà biologiche li rendono utili indicatori in test tossicologici (*Panagrellus redivivus*, *Caenorhabditis elegans*) con i quali è possibile evidenziare situazioni di contaminazione chimica del substrato.

A livello di comunità (Indici di diversità, *Maturity Index*, % Dorylaimidae) i nematodi possono indicare problematiche ecologiche connesse con l'aumento di nutrienti o la presenza di sostanze inquinanti o di più generali situazioni di stress.

Il *Maturity Index* (MI), in particolare, ha rappresentato dal 1991 il più efficace metodo di analisi delle comunità nematologiche. La sua applicazione ha contribuito a fornire indicazioni preziose circa la influenza integrata che possono esercitare la copertura vegetale o la gestione colturale del suolo. Questa attenzione intorno al MI ha inoltre determinato la necessità di migliorarlo e, implementandone la struttura originaria, aumentarne l'efficacia e lo spettro di risposte che l'indice è in grado di fornire. In tal senso, l'approccio integrato di gruppi funzionali (*functional guilds*) e strategia riproduttiva (*c-p scaling*) rappresenta l'ultimo stadio di sviluppo di questo importante indice ecologico.

BIODIVERSITÀ DEI SUOLI ITALIANI: IL CONTRIBUTO DEGLI ACARI ORIBATEI

DI MASSIMO MIGLIORINI E FABIO BERNINI, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA

Gli Acari Oribatei costituiscono un gruppo animale comprendente attualmente circa 10.000 specie, divise in 147 famiglie e circa 1.333 generi. La fauna italiana di questi microartropodi conta circa 790 specie, con una copertura del territorio italiano ben lontana dall'essere completa. Animali estremamente piccoli (100 μm – 2 mm), dopo Funghi, Batteri e Nematodi, rappresentano le componente più numerosa in individui e in specie della vita nel suolo.

Gli Oribatei, essendo fortemente implicati nella frammentazione del detrito vegetale e nei processi di umificazione, interagiscono con gli altri organismi edafici, regolando l'equilibrio batteri/funghi e di conseguenza i processi di decomposizione.

Si ritiene che la conoscenza della faunistica, delle caratteristiche autoecologiche e delle dinamiche di popolazione relative a questi acari edafici, raccolti tra le varie tipologie ambientali presenti nel territorio italiano, possa fornire utili indicazioni per gli indirizzi nei programmi di gestione e conservazione degli ecosistemi del nostro territorio.

Le azioni auspicabili riguardano:

- aggiornamento della *check-list* delle specie italiane di Oribatei;
- definizione per ciascuna specie delle caratteristiche ecologiche e degli areali di distribuzione;
- creazione di un *database*, in cui ciascuna specie sia corredata da informazioni relative alla data e al luogo di raccolta, con indicazione dell'altitudine, delle associazioni vegetali dominanti e, ove possibile, delle coordinate geografiche, oltre alla caratterizzazione dei biotopi di raccolta secondo le categorie di uso del suolo del *CORINE Land Cover*;
- elaborazione di rapporti sintetici in grado di fornire informazioni su eventuali associazioni di specie caratteristiche delle diverse tipologie ambientali e dei contesti geografici di riferimento.

Solo dopo un'analisi di questo tipo sarà possibile affiancare alle consuete ricerche di tipo ecologico-quantitativo una metanalisi dei dati pregressi raccolti in letteratura, al fine di effettuare confronti, che permetteranno di identificare eventuali correlazioni tra le varie tipologie ecosistemiche, i popolamenti edafici e le eventuali pressioni antropiche.

L'obiettivo è quello di allargare i consueti protocolli di monitoraggio, di carattere essenzialmente forestale, alla compagine animale e, in particolare, alla artropodofauna, visto che queste zoocenosi, con il loro relativamente basso o bassissimo potere di dispersione, risultano essere indissolubilmente legate al suolo e a tutti gli effetti che su di esso ricadono.

MICROARTROPODI E COLLEMBOLI COME INDICATORI DI QUALITÀ DEL SUOLO: GLI INDICI QBS-AR E QBS-C

DI ALAN LEONI E CRISTINA MENTA, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

La qualità del suolo può essere definita come la capacità dello stesso di svolgere funzioni utili al mantenimento di condizioni adatte allo sviluppo di piante e animali.

I microartropodi edafici agiscono e, allo stesso tempo, sono influenzati dalle caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche del suolo. Essi svolgono, inoltre, un ruolo chiave nel ciclo del detrito, permettendo un più rapido riutilizzo dei nutrienti. Si evidenzia, quindi, come i microartropodi edafici siano correlati alle funzioni del suolo e come possano fornire indicazioni sul suo stato di salute. Tali organismi rappresentano, però, una comunità estremamente diversificata, che risulta difficile da determinare data la necessità di conoscenze tassonomiche approfondite, che richiedono lunghi periodi di specializzazione.

L'indice di Qualità Biologica del Suolo, nelle sue versioni QBS-ar (artropodi) e QBS-c (collemboli), si propone di superare tale limitazione mediante l'approccio delle forme biologiche (FB). Questo permette uno studio più semplice e immediato della comunità dei microartropodi edafici, associando a ogni FB un punteggio corrispondente al grado di adattamento alla vita ipogea. L'indice fornisce un valore numerico tanto più elevato quanto maggiore è la qualità biologica del suolo.

Le potenzialità dell'indice QBS sono state testate dall'Università di Parma, nei suoi oltre otto anni di applicazione, in diversi contesti ambientali (prati stabili, boschi, aree coltivate, aree limitrofe a discariche RSU, opere di ingegneria naturalistica) e con varie finalità, sia di carattere applicativo (valutazione degli effetti delle diverse coltivazioni o dell'impiego di ammendanti) sia di carattere più prettamente di ricerca (relazioni con la biodiversità vegetale).

Le ricerche svolte in collaborazione con altre Università e Agenzie hanno permesso di estendere le aree di indagine sia su un'ampia porzione del territorio nazionale sia all'estero (Spagna e Francia).

Tra le regioni in cui il QBS-ar è stato impiegato in modo diffuso si deve ricordare il Piemonte, in cui ARPA ha istituito precocemente un'estesa rete di monitoraggio. Molte altre agenzie analoghe hanno proposto l'utilizzo dell'indice QBS-ar nel loro territorio di competenza ed hanno già formato gli operatori.

Il futuro dell'indice QBS è legato all'accettazione e standardizzazione sia del metodo di campionamento sia dei criteri di valutazione dei dati ottenuti.

In particolare, il fattore chiave per la fruizione di tale indice è l'elaborazione di sistemi di classi di qualità differenziati sulla base delle diverse caratteristiche del terreno, della copertura vegetale e dell'uso del suolo.

LE FORMICHE COME STRUMENTO DI BIOMONITORAGGIO: APPLICAZIONI IN CAMPO ECOTOSSICOLOGICO E DI RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

DI GIACOMO SANTINI, LORENZO TUCCI, ELISA GRAMIGNI, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

Gli insetti rappresentano una componente primaria degli ecosistemi terrestri, sia come biomassa totale, sia per l'estrema diversità di forme, ruoli trofici e cicli vitali adottati. Tra gli insetti, particolarmente interessanti sono gli Imenotteri Formicidi, dei quali se ne conoscono circa 15.000 specie distribuite in 296 generi. Le formiche hanno, inoltre, un ruolo chiave negli ecosistemi, come predatori, consumatori primari o 'ingegneri dell'ecosistema'. La valenza ecologica di questi organismi li pone dunque in una posizione di primo piano tra gli artropodi terrestri utilizzabili come bioindicatori.

Gli Imenotteri Formicidi sono stati utilizzati come strumenti per il monitoraggio ambientale biologico in numerosi e differenti contesti ambientali. Tuttavia, se si considera la collocazione geografica di questo tipo di indagine, appare chiaro come l'Europa, e ancor più l'Italia, sia carente in questo settore.

In questo studio vengono riportati due esempi preliminari di applicazione delle formiche per la valutazione di qualità ambientale.

Nel primo caso è stata effettuata una valutazione ecologica degli interventi di ripristino ambientale in un sito minerario (Cavriglia, Arezzo), utilizzando come indicatore dei processi di rinaturalizzazione, la struttura e la composizione delle comunità di formiche. È stata, inoltre, valutata la possibilità di estendere alla mirmecofauna italiana l'approccio basato sull'analisi dei gruppi funzionali.

Il secondo caso di studio riguarda invece la possibilità di impiegare le formiche come indicatori di contaminazione da metalli pesanti in ambiente urbano. Questa analisi è stata focalizzata su una sola specie, *Crematogaster scutellaris*, che per le sue caratteristiche (abbondanza, facilità di riconoscimento, posizione dominante nelle catene trofiche) si presta ad essere impiegata come bioindicatore per analisi di routine. In particolare, il contenuto di Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Mn nei tessuti di individui provenienti da aree urbane caratterizzate da traffico intenso è stato confrontato con quello ottenuto da campioni provenienti da aree di controllo extraurbane.

I risultati ottenuti, sia nel primo che nel secondo caso, hanno confermato le notevoli potenzialità di utilizzazione di questi organismi in procedure di valutazione di qualità ambientale.

I CARABIDI DELLA FAUNA EUROPEA E ITALIANA (COLEOPTERA, CARABIDAE)

DI AUGUSTO VIGNA TAGLIANTI, SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA

I *Carabidae* sono la più numerosa famiglia di predatori terrestri e una delle più numerose di Coleotteri: dalla lista di Lorenz (1998, 2005) risultano oltre 33.000 specie descritte nel mondo, raggruppate in circa 2.000 generi. In Italia, le specie di *Carabidae* conosciute attualmente sono oltre 1.300 (1.337 + 28 dubbie al maggio 2008), raggruppate in 193 generi: un numero molto elevato, se pensiamo che in tutto il Nord America, a Nord del Messico, se ne conoscono 2.635 (Bousquet & Laroche 1993) e che l'intera fauna dell'Europa politica comprende oggi circa 3.600 *taxa* di livello specifico, come risulta dal Progetto Fauna Europea (Vigna Taglianti 2004).

In Europa, l'Italia appare senza dubbio il paese con la più elevata diversità specifica di questa importante famiglia di Coleotteri, che è rappresentata da circa 400 specie nella Penisola Scandinava, da 350 nelle Isole Britanniche, da 1.158 nella Penisola Iberica, da circa 1.000 nei Balcani e 7-800 nell'Europa centrale.

Nella *check-list* di Vigna Taglianti (1993) erano riportate per l'Italia 1.245 specie (+ 42 dubbie): in soli 15 anni questo numero è aumentato di 92 unità di livello specie, di cui 81 nuove per la scienza, quasi tutte endemiche.

La ricchezza di specie di *Carabidae* della fauna italiana può essere certamente giustificata dal buon livello delle conoscenze e dall'attenzione che molti studiosi hanno dedicato a questo gruppo tassonomico di sicuro interesse ecologico e biogeografico, ma va soprattutto interpretata sulla base della specifica ecologia, di predatore terrestre generalizzato, con marcata fedeltà al substrato, scarsa agilità e tendenza alla endemizzazione.

Il fatto che su 1.337 specie ben 619 (oltre il 45 %) abbiano areali ristretti, limitati alla penisola italiana o all'arco alpino, va messo in relazione con l'articolazione ambientale dell'Italia, con il suo mosaico bioclimatico, oltre che con la storia paleogeografica e paleoclimatica complessa dell'area mediterranea, che ha permesso la sopravvivenza e la cladogenesi di componenti prequaternarie, non distrutte dalle glaciazioni, relitte in zone di rifugio poco esplorate e in ambienti difficili da esaminare, come quello cavernicolo, quello sotterraneo superficiale, le alte quote e le formazioni forestali primarie.

La base della fauna italiana di carabidi, tuttavia, è rappresentata da numerose altre specie (quasi 800) ad ampia diffusione nella regione paleartica ed europea, risultato degli eventi di dispersione collegati con i periodi glaciali e interglaciali.

Le specie endemiche e relittuali, derivate sia dalle faune pleistoceniche sia da quelle terziarie, sono decisamente più significative per la comprensione dei fenomeni storici che hanno portato alla formazione e alla caratterizzazione della fauna italiana.

Come per il resto della fauna italiana, soprattutto per la fauna di Carabidi si può evidenziare un'ampia base di elementi di origine o diffusione pleistocenica, sovrapposta a una serie di relitti pre-pleistocenici, di diversa origine e di diverso significato.

I CHILOPODI: ASPETTI DI BIODIVERSITÀ E STATO DELLE CONOSCENZE TASSONOMICHE, FAUNISTICHE ED ECOLOGICHE IN ITALIA

DI MARZIO ZAPPAROLI, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA

I Chilopodi costituiscono una classe di Artropodi terrestri rappresentata nel mondo da circa 3.150 specie, di cui 486 in Europa e 162 in Italia. Benché poco numeroso, questo gruppo zoologico è piuttosto interessante dal punto di vista faunistico, biogeografico ed ecologico. Molte specie presentano, infatti, areale poco esteso, talora ristretto o molto ristretto. Si tratta in genere di predatori non specializzati, in particolare di piccoli invertebrati. Edafobi, sublapidicoli, subcorticicoli, benché presenti in numerosi ambienti, dal livello del mare a 4.000 m, questi organismi sono in gran parte legati agli ecosistemi forestali dove, soprattutto nei primi strati del suolo, costituiscono cenosi ricche e numericamente ben rappresentate. L'area mediterranea, e l'Italia in particolare, sono tra i settori geografici più ricchi di specie e meglio conosciuti a livello mondiale ed europeo, rispettivamente.

Relativamente ben studiati e di facile campionabilità con i tradizionali metodi d'indagine della fauna del suolo (vaglio, *pitfall traps*, selettori, a vista), questi Artropodi possono essere nel complesso considerati utili indicatori ecologici e biogeografici, anche se le conoscenze su tassonomia, distribuzione geografica e preferenze ambientali di molte specie sono però ancora frammentarie.

In Europa, la maggior parte degli studi ecologici più recenti riguarda la composizione quali-quantitativa di tassocenosi di ambienti forestali, in particolare dei settori centrali del continente (Germania, Polonia), altre informazioni sono disponibili per i Balcani settentrionali, le Isole Britanniche, la Penisola Iberica e l'Italia peninsulare. Nel nostro Paese i dati raccolti sono ancora lacunosi e frammentari. Essi si riferiscono solo ad alcuni ambienti, soprattutto delle regioni nord-orientali e centrali, indagati in genere con *pitfall traps*, metodo che mette in evidenza solo una delle componenti di queste tassocenosi, quella epigea. Disponiamo, quindi, di preliminari indicazioni su ambienti alpini, montani e submontani delle Dolomiti, boschi planiziarci padani, formazioni vegetali del litorale mediotirrenico, boschi submediterranei dell'Appennino centrale, formazioni forestali della Sicilia nord-orientale. Nonostante i limiti di questi ambienti sono state, comunque, individuate alcune specie caratteristiche e sono state descritte la struttura delle tassocenosi e gli aspetti biogeografici del popolamento.

RARITÀ E CONSERVAZIONE DEGLI INSETTI: PROPOSTE METODOLOGICHE E APPLICAZIONI PRATICHE

DI SIMONE FATTORINI, EUROPEAN INVERTEBRATE SURVEY

Caratterizzazioni multidimensionali della rarità, quali quelle adottate nella biologia della conservazione di piante e vertebrati, sono usualmente considerate pressoché inapplicabili alla maggioranza degli insetti a causa della mancanza di informazioni dettagliate sulla biologia della specie e della difficoltà di censire e monitorare le popolazioni su periodi di tempo sufficientemente lunghi.

In effetti, per la maggior parte delle specie di insetti, sono usualmente disponibili solo i dati ricavabili da esemplari di collezioni, a loro volta derivanti da raccolte di epoca diversa e difformi per i metodi utilizzati.

Questi dati, consistenti nell'indicazione della località e della data di raccolta, possono, tuttavia, essere vantaggiosamente utilizzati per derivare possibili misure di rarità simili a quelle sperimentate per piante vascolari, uccelli e mammiferi.

Sulla base dei risultati conseguiti in recenti ricerche sulle faune insulari, vengono presentate alcune riflessioni teoriche generali e vengono avanzate concrete proposte metodologiche per derivare misure di rarità utilizzando i dati "nascosti" nelle collezioni museali, un immenso patrimonio di informazioni poco valorizzato in ambito conservazionistico.

I metodi descritti, pur basati sui soli dati di cartellino, permettono di costruire tre misure di rarità: geografica, ecologica e numerica, che possono poi essere combinate in indici sintetici. La rarità geografica potrà essere, ad esempio, misurata come numero di unità geografiche operative occupate da una data specie sul numero totale di unità del sistema considerato, mentre la rarità numerica potrà essere misurata indirettamente come contattabilità, cioè come frequenza dei reperti.

Più difficile risulta la misura dell'ampiezza ecologica di una specie, ma una appropriata lettura ecologica del dato di cartellino potrà permettere la costruzione di indici adeguati. In tal senso, efficaci misure indirette dell'ampiezza di nicchia possono essere ricavate sovrapponendo la distribuzione delle località a mappe geografiche o ambientali (climatiche, bioclimatiche, fitosociologiche, pedologiche, di uso del suolo, del tipo di habitat ecc.).

Applicazioni preliminari di tali procedure ai coleotteri tenebrionidi (un importante gruppo di insetti del suolo in ambienti aridi e semiaridi) e alle farfalle diurne delle isole mediterranee dimostrano la praticità e la validità di misure di rarità geografica, ecologica e di numerosità delle popolazioni basate solo sulle località e date di raccolta.

Indici di rarità a livello di comunità, derivanti da indici di rarità specifica di questo tipo, hanno prodotto nel caso dei tenebrionidi mediterranei risultati suggestivi e di notevole interesse biogeografico e conservazionistico, che vengono brevemente presentati quali caso di studio.

Vengono, infine, discusse alcune implicazioni circa la possibilità di utilizzare l'evoluzione temporale della rarità delle specie in funzione dei cambiamenti della vegetazione e delle caratteristiche del suolo, soprattutto in riferimento ai processi di aridificazione in atto nel Bacino Mediterraneo.

VERSO UNA NORMATIVA TECNICA SULL'USO SOSTENIBILE DEI SUOLI

DI CARLO JACOMINI, NADIA LUCIA CERIOLI, LUCIA CECILIA LORUSSO,
APAT

Il suolo, base per tutte le forme di vita terrestre, è sia dimora per una parte considerevole della diversità biologica, sia la più importante componente delle sue fondamenta.

L'uomo ha oggi la responsabilità di assicurare che tutte le forme di vita abbiano modo di continuare la propria esistenza, tanto nel breve termine come individui e popolazioni, quanto nel lungo termine come specie ed ecosistemi.

Tuttavia, le pressioni che le attività antropiche, direttamente e indirettamente, stanno esercitando sull'ecosistema suolo, compromettono sempre più le funzioni indispensabili che esso svolge. Ciò sta causando calamità in tutto il mondo, e particolarmente nel nostro fragile paese in cui, oltre ad innescare una cascata di disastri la cui responsabilità non può essere facilmente attribuita, la causa primaria è riconducibile proprio al degrado dei suoli.

Per porre un freno alla attuale insostenibilità del tasso di perdita e degrado dei suoli (edificazione, contaminazione, erosione, salinizzazione, frane, desertificazione ecc.) c'è urgente bisogno di impostare *ex novo* una corretta azione di tutela dell'ecosistema suolo, compreso tutto il patrimonio biologico che esso contiene.

Se da un lato, infatti, come confermato dalle autorevoli voci che abbiamo ascoltato oggi, il bagaglio scientifico e tecnico sulla biologia del suolo nel nostro Paese è paragonabile solo alla ricchezza di forme che abitano i suoli italiani, dall'altro è sconcertante rilevare come le attività umane stiano giorno dopo giorno devastando e degradando impunemente queste ricchezze che, invece, dovremmo poter trasmettere anche ai nostri posteri.

Per impedire ciò, è necessario impostare un cambio di approccio gestionale che preveda tra l'altro una normativa per garantire un reale uso sostenibile dei suoli, nel rispetto delle caratteristiche ecologiche dei suoli e del loro enorme (ma mai quantificato) valore economico.

Un'utile guida alla redazione della legislazione per la sostenibilità dei suoli è stata edita dall'IUCN (Hannam e Boer, 2004). In tale opera vengono delineate le strategie differenti in uso nelle legislazioni mondiali per la protezione del suolo.

Le legislazioni più severe prevedono:

- lo sviluppo di una pianificazione stabilita per legge che prescriva limiti legali e obiettivi precisi sia per il suolo che per l'uso del suolo;
- il rilascio di licenze o permessi per controllare l'uso del suolo;
- accordi tra Stato e individui sull'uso del suolo, che determinano limitazioni alle norme di uso del suolo;
- l'utilizzo di avvisi di restrizione nel momento in cui siano superati i limiti di uso sostenibile del suolo;
- il ricorso all'azione giudiziaria per non aver seguito gli standard prescritti di uso sostenibile del suolo.

Il primo scenario per lo sviluppo di una legislazione adeguata a un uso sostenibile della risorsa suolo richiede di apporre semplici emendamenti alla legislazione esistente, per definire più chiaramente ruoli e responsabilità delle istituzioni che attualmente gestiscono i suoli.

Emendamenti minimi possono migliorare l'efficacia della normativa introducendo, ad esempio, un insieme di obiettivi sulla sostenibilità del suolo nelle rispettive norme, procedure che definiscano ruoli e responsabilità delle diverse amministrazioni per la protezione e la conservazione dei processi ecologici del suolo; e, infine, procedure per sviluppare una strategia di gestione sostenibile dei suoli che accompagni le politiche di protezione ambientale.

Un secondo scenario imporrebbe un maggiore sforzo legislativo, modificando in maniera sostanziale le leggi di gestione del territorio esistenti, per identificare adeguatamente il ruolo dello Stato e del pubblico nella gestione del suolo. Questo scenario potrebbe implicare l'importazione di esempi chiave di "suolo sostenibile" nella legislazione esistente e la creazione di un'autorità apposita per valutare e monitorare gli ecosistemi edafici, condurre ricerca sulle risorse del suolo e gestione degli ecosistemi, pianificare e gestire le risorse naturali e i sistemi di gestione del territorio, sviluppare politiche di gestione umana e degli ecosistemi, permettere la partecipazione del pubblico nello sviluppo della politica e delle decisioni sul suolo, sostenere e proteggere i diritti e le conoscenze delle persone verso un ambiente edafico sano da un punto di vista ecologico.

Un terzo scenario porterebbe a una normativa basata sulla gestione degli ecosistemi. Questo approccio considera il suolo nel reale contesto ecosistemico, in cui l'ambiente terrestre rappresenti la componente ecologica centrale, ma legando strettamente il suolo alle responsabilità di gestione del territorio, delle acque e della biodiversità. L'applicazione fruttuosa di questo quadro legislativo viene condizionata dall'amministrazione di una simile normativa da parte di un'Istituzione con capacità in ecologia, valutazione, classificazione e pianificazione del suolo, esperienze di ricerca in conservazione del suolo, educazione di campo e lavoro di consulenza, lavori sul campo di conservazione del suolo, sviluppo delle politiche e coinvolgimento della comunità. Un simile scenario sposterebbe finalmente la gestione del suolo verso una funzione olistica dell'ecosistema.

Infine, un quarto scenario prevedrebbe la formulazione di una legge integrata per la sostenibilità del suolo, la cui adozione e applicazione efficace sia basata su un'efficace gestione dell'ecosistema suolo.

In generale, tale scenario fornisce regole per mantenere il principio del valore intrinseco del suolo; per valutare e monitorare in maniera esaustiva il suolo e gli ecosistemi vegetali; per sviluppare una conoscenza specializzata utile a prendere decisioni sull'ecologia del suolo; per assicurare la partecipazione della comunità nelle decisioni sull'uso del territorio; formare una *'community'* e gruppi di consulenza per la gestione del suolo; per permettere un'applicazione basata sul consenso e risolvere le relative dispute; per consentire su base regolare una revisione legislativa e politica ed emendamenti adeguati alle necessità ecologiche dei suoli.

Un simile scenario sarebbe omnicomprensivo e richiederebbe una sostanziale riorganizzazione istituzionale per essere efficace, ponendo l'enfasi sugli elementi che permettono la cooperazione interdisciplinare, la

centralizzazione dell'esperienza per la valutazione, la pianificazione e la gestione del territorio.

Si introdurrebbe un processo efficace di riforma della gestione del territorio e si incoraggerebbe una interrelazione più efficace tra gli attori ambientali chiave, sia a livello nazionale o sub-nazionale, sia a livello internazionale.

L'ARMONIZZAZIONE DELLE INFORMAZIONI AMBIENTALI SUL SUOLO IN ITALIA. IL PROGETTO SIAS (SVILUPPO DI INDICATORI AMBIENTALI SUL SUOLO)

DI ANDREA DI FABBIO, MARCO DI LEGINIO, FIORENZO FUMANTI, IRENE RISCHIA, APAT

Lo scorso anno, il Dipartimento Difesa del Suolo ha avviato il Progetto SIAS (Sviluppo di Indicatori Ambientali sul Suolo). L'obiettivo del progetto è la realizzazione di un *database* cartografico relativo alla perdita di suolo per erosione idrica e al contenuto in carbonio organico nei suoli italiani. Tali indicatori sono considerati rilevanti per le politiche comunitarie e sono ritenuti prioritari all'interno della proposta di direttiva europea sulla protezione del suolo (COM(2006)232). In accordo con i criteri stabiliti dalla Direttiva INSPIRE, il progetto non prevede, al momento, l'acquisizione di nuovi dati, ma è basato sul riutilizzo di tutte le informazioni disponibili a livello locale e sulla loro successiva armonizzazione, secondo una metodologia comune e condivisa, per poter giungere a un prodotto omogeneo a livello nazionale.

Poiché la raccolta di dati pedologici è di competenza degli Enti afferenti al settore dell'Agricoltura, per il progetto sono stati coinvolti, tramite apposite convenzioni, i gestori delle informazioni sui suoli a livello regionale, individuati dal MiPAAF come referenti pedologici regionali e facenti parte, con APAT, CRA, Corpo Forestale e Università, dell'Osservatorio Nazionale Pedologico istituito presso il MiPAAF. Il Coordinamento tecnico è stato affidato ad ARPA Veneto, unica Agenzia Ambientale Regionale svolgente il ruolo di Referente regionale per la pedologia. La coerenza con i progetti in essere a livello europeo è garantita dal supporto, a titolo gratuito, del JRC, interessato alla elaborazione di una metodologia da prendere a riferimento per l'intera Comunità Europea nell'ambito del progetto MEUSIS (*Multi-Scale European Soil Information System*).

Il processo di armonizzazione è basato su una griglia di riferimento con pixel di 1km², realizzata seguendo le raccomandazioni INSPIRE, e su un "formato di scambio" elaborato congiuntamente dal Gruppo di Lavoro. Una particolare attenzione è stata data alla definizione del grado di qualità dell'informazione tramite la creazione di un apposito livello di fiducia dei dati inseriti nel *database*. I principali punti di forza del progetto sono rappresentati da:

- sinergia tra Agricoltura e Ambiente e tra Enti Statali e Regionali;
- creazione di un *network* pedologico coordinato da APAT e possibilità di interazione tra i servizi regionali per il suolo e le corrispondenti Agenzie Ambientali;
- riutilizzo e armonizzazione delle informazioni esistenti;
- costi molto contenuti rispetto ai risultati ottenuti;
- elaborati più affidabili di quelli attualmente disponibili;
- coerenza con gli elaborati utilizzati nelle Politiche Regionali (es. PSR);
- limitazione delle discrepanze esistenti tra regioni derivanti dalla diversa disponibilità di dati;
- evidenziazione delle lacune conoscitive e possibilità di programmare interventi *ad hoc* evitando dispendiose duplicazioni di dati;

- corrispondenza con i criteri INSPIRE;
- possibilità di trasferimento dei dati dal livello locale a quello nazionale ed europeo;
- fornitura di dati di dettaglio ad altri progetti di portata nazionale/europea di interesse ambientale (es. desertificazione, cambiamenti climatici) e agricolo.

ARMONIZZAZIONE E CONTROLLO DI QUALITÀ

DI PAOLO DE ZORZI, APAT

L'obiettivo del monitoraggio ambientale è quello di quantificare lo stato dei sistemi ecologici in termini di differenziazione spaziale e temporale. La misura sistematica e organizzata di specifiche variabili garantisce la definizione di una base di dati e l'identificazione dei mutamenti dell'ambiente, sia naturali che di origine umana. Pertanto, la variabilità (temporale e spaziale) dei valori misurati delle variabili di interesse devono rispondere alla situazione reale e non alla variabilità dei diversi metodi utilizzati.

La conoscenza della matrice suolo può essere finalizzata a verificare, ad esempio, il rispetto di standard di qualità nazionali e/o internazionali, oppure a fornire le basi per l'implementazione di legislazioni in tema, o ancora a valutare l'esposizione della popolazione umana a specifiche fonti di inquinamento. Tali attività richiedono la disponibilità di dati ottenuti attraverso metodi di misura (campionamento e analisi) di riferimento, misure metrologicamente riferibili a riferimenti nazionali e/o internazionali, con una definita incertezza di misura, nonché l'implementazione di sistemi di controllo di qualità (esterno ed interno).

In Italia più di 100 laboratori del sistema delle agenzie regionali e provinciali (ARPA/APPA) sono quotidianamente impegnate nell'effettuazione di misure di tipo chimico e fisico su matrici ambientali. Ad essi, in un contesto talvolta critico anche dal punto di vista economico, è richiesto di fornire misure di qualità, e all'APAT è affidato il compito di garantire la confrontabilità dei risultati prodotti a livello nazionale. Con riferimento alla matrice suolo, a tal fine il Servizio Metrologia Ambientale opera, secondo schemi internazionalmente accettati, attraverso:

- preparazione di materiali di riferimento in matrice (compost, suolo agricolo, suolo contaminato), caratterizzati per diversi misurandi;
- costituzione di un Gruppo Tecnico Permanente, operante in accordo alle norme ISO 43-1 per la conduzione di circuiti di interconfronto, con la partecipazione di referenti ARPA/APPA (responsabili della qualità, analisti);
- organizzazione di circuiti di interconfronto sui metodi di analisi (parametri inorganici ed organici) e sui metodi di campionamento di suolo;
- costituzione di gruppi di lavoro tematici su aspetti emergenti e/o critici inerenti la qualità delle misure e di una rete di laboratori, al fine di favorire l'armonizzazione dei differenti metodi di misura adottati.

L'attività di armonizzazione è in continua evoluzione e deve tenere conto sia delle situazioni contingenti in cui l'azione dei laboratori si realizza, che degli sviluppi che emergono in campo analitico per ottemperare alle crescenti richieste che provengono dal contesto nazionale e internazionale in termini di qualità delle misure (e degli standard di qualità).

DEFINIRE LA BIODIVERSITÀ DEL SUOLO: DIFFICILE, MA NON IMPOSSIBILE

DI ANNA BENEDETTI, STEFANO MOCALI, LETIZIA POMPILI, ALBA SILVIA MELLINA, CRA

Nella presente nota verranno illustrate le principali problematiche legate alla definizione e al monitoraggio della biodiversità del suolo con particolare riferimento alla diversità microbica.

Verranno altresì presentati i risultati ottenuti dagli autori durante alcuni progetti in corso sulla tematica in oggetto. Particolare spazio verrà dedicato all'attività condotta nel corso di un progetto pilota sviluppato nell'ambito delle attività della Legge n. 15 del 1° marzo 2000 della Regione Lazio, congiuntamente con ARSIAL (Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio), relativa alla tutela delle risorse genetiche autoctone di interesse agrario; in tale progetto è stato effettuato un monitoraggio della fertilità biologica su 100 siti distribuiti sul territorio regionale, scelti sulla base dell'importanza locale di colture arboree ed erbacee.

Le determinazioni analitiche hanno riguardato i parametri necessari per la valutazione dello stato di fertilità di un suolo: contenuto totale di carbonio organico (C_{org}), carbonio della biomassa microbica (C_{mic}), respirazione microbica intesa come evoluzione di $C-CO_2$ dal suolo. Inoltre, per una migliore comprensione del metabolismo delle comunità microbiche locali, sono stati determinati la respirazione specifica della biomassa microbica (qCO_2) e la frazione microbica del suolo (C_{mic}/C_{org}).

Le condizioni generali dei suoli analizzati hanno messo in evidenza uno stato di fertilità biologica medio - alta in tutto il territorio della regione Lazio.

Allo scopo di ottenere uno *screening* preliminare, utile per future azioni di monitoraggio, sono state effettuate alcune elaborazioni statistiche descrittive (frequenze di distribuzione e matrici di correlazione), tenendo conto anche delle caratteristiche fisiche dei suoli (contenuto in sabbia, limo e argilla e valori di pH), i cui risultati hanno evidenziato che il 3% di suoli è in condizioni di pre-allarme (corrispondenti a suoli altamente sabbiosi).

In altri casi i valori di pH influenzano la fertilità biologica dei suoli.

In aggiunta è stato effettuato uno studio approfondito su 27 campioni di suolo utilizzando i parametri ecofisiologici già descritti, associandovi il *fingerprinting* molecolare tramite la tecnica della DGGE.

I risultati hanno evidenziato che in alcuni suoli coltivati a castagno la comunità microbica assume una strategia di sopravvivenza di tipo k-selettiva (conservativa). Dal punto di vista molecolare i suoli hanno mostrato un'elevata variabilità genetica e buoni valori di similarità (*Cluster Analysis*) rispetto agli altri campioni analizzati.

Una forte eccezione è data da un suolo coltivato a carciofo e caratterizzato dal più elevato contenuto in sostanza organica e il più basso valore di pH. In questo caso la comunità microbica assume una strategia di sopravvivenza di tipo r-selettiva (riproduttiva). Anche dal punto di vista molecolare sono rappresentate poche specie batteriche con valori di similarità molto bassi.

Si descriveranno, inoltre, i risultati ottenuti nel corso del progetto BIO-BIO coordinato dal JRC di Ispra e ultimato nel 2006. Infine, si presenterà un progetto sulle collezioni di microrganismi del suolo finanziato dal Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali.

**WORKSHOP TEMATICO ACQUA:
“MONITORAGGIO BIOLOGICO DELLE
ACQUE: RICERCA E NUOVE
NORMATIVE PER UNA PIÙ EFFICACE
SALVAGUARDIA DELL’AMBIENTE,
DELLA BIODIVERSITÀ E DELLA
SALUTE”**

ROMA, 2 OTTOBRE 2008

PREMESSA

Non vi è dubbio che la matrice acqua sia stata quella che per prima ha destato una certa attenzione da parte del mondo scientifico. Risale, infatti, ai primi del 900, da parte di biologi tedeschi, lo studio degli effetti sulla comunità bentonica a seguito dell'arricchimento organico. Già nel 1909 (Kolkowitz e Marsson) si ha un primo "sistema di bioindicatori", definito successivamente Sistema Saprobico (*Saprobienzsystem*), basato sulle modificazioni nella composizione delle comunità biologiche in relazione ai processi di auto depurazione che si verificano lungo il profilo longitudinale di un corso idrico a valle di uno scarico organico.

Con il trascorrere del tempo si è passati dagli scarichi delle semplici sostanze organiche (provenienti per lo più da case e stalle) agli scarichi di sostanze chimiche più o meno complesse (prodotti di sintesi) quali pesticidi, composti organo clorurati alifatici, nitrati, ecc. Fin dagli anni '70, è apparso chiaro che la verifica della contaminazione ambientale, basata unicamente su una contabilità chimica, non offriva sufficienti garanzie di protezione degli ecosistemi acquatici.

Fu infatti osservato che:

- a. numerose sostanze tossiche venivano normalmente riscontrate solo a livello di tracce nelle acque (problema di sensibilità analitica);
- b. in qualsiasi corpo idrico le caratteristiche chimiche delle acque erano estremamente variabili e dinamiche (problema di rappresentatività spazio-temporale del campionamento);
- c. era in genere possibile effettuare determinazioni quantitative solo per circa 30-40 sostanze, mentre erano molti di più i prodotti chimici che potevano essere presenti nell'ambiente (problema di significatività della valutazione complessiva);
- d. nessuna metodologia chimica era in grado di stabilire con sicurezza quale fosse, sul totale presente, la frazione realmente biodisponibile e quindi in grado di interagire con il biota (problema di identificazione delle relazioni causa-effetto).

Per ovviare a questi inconvenienti e pervenire a una rappresentazione più realistica, fu allora suggerito di ricorrere agli strumenti dell'ecotossicologia. Gli approcci possibili sono sostanzialmente due: la stima della tossicità di campioni opportunamente raccolti negli ambienti di studio, oppure il biomonitoraggio diretto degli eventuali effetti indesiderati che sono avvenuti o avvengono nell'ambiente a causa dell'immissione di una singola sostanza o di una miscela di sostanze, almeno in parte potenzialmente tossiche, tenendo conto delle interazioni fisiche, chimiche e biologiche con le diverse componenti, biotiche e abiotiche, dell'ambiente stesso.

In questo quadro si collocano "le prove sperimentali basate sulla stima della tossicità" (ECETOC, 1993) acuta, subletale (o subacuta) e cronica. Partendo da tutto ciò, la maggiore richiesta da parte del Sistema Agenziale era rivolta al legislatore al fine di poter adoperare (routinariamente e non solo in casi eccezionali, tra l'altro a giudizio dell'autorità che effettua il monitoraggio [All. 1 par. 3.2.1.2 del D. Lgs. 152 e 258]) altri tipi di prove.

La Direttiva Europea 2000/60/CE, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque, pur considerando che (art. 15 par. b) "una valutazione mirata dei rischi [secondo la metodologia di cui al Regolamento CEE n. 793/93] sia incentrata unicamente sulla determinazione dell'ecotossicità acquatica e della tossicità per le persone attraverso l'ambiente acquatico", nella prova dei fatti non va oltre al semplice test con *Daphnia magna*.

Qui di seguito saranno riportati, in breve sintesi, gli interventi al *workshop* sulle acque del 2 ottobre 2008.

I FARMACI NELLE ACQUE: RASSEGNA DELLO STATO DELL'ARTE IN ITALIA, NELLA COMUNITÀ EUROPEA E NEGLI ALTRI PAESI EXTRACOMUNITARI

DI ALFONSO SBALCHIERO E NADIA LUCIA CERIOLI, ISPRA

Dal 1961 al 2003 a un aumento della popolazione è corrisposto un aumento del consumo di farmaci e quindi una maggiore diffusione di questi ultimi nell'ambiente (Fig. 1-2)

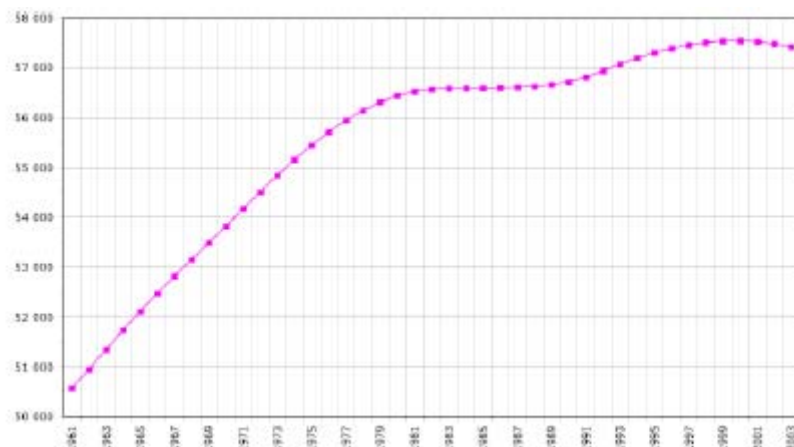


Fig. 1 Aumento della popolazione in Italia (1961-2003)

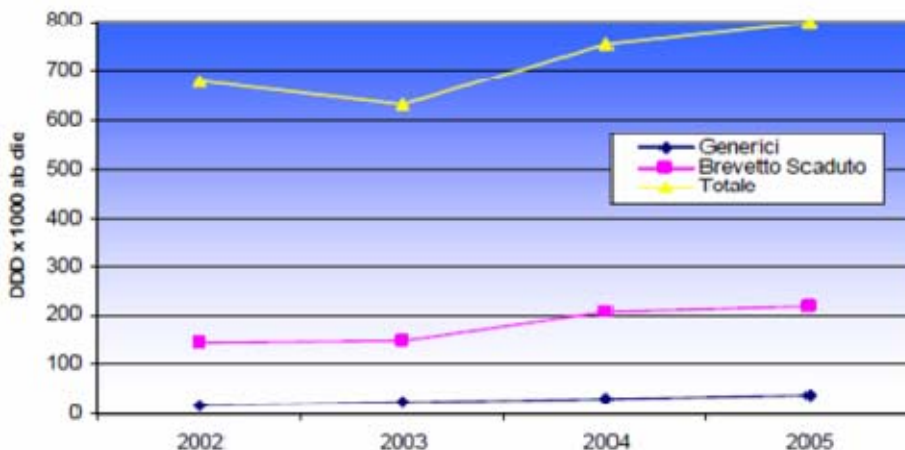


Fig. 2 Andamento del consumo di farmaci in Italia per anno dal 2002 al 2005

Secondo il rapporto OSMED del 2007 il numero di confezioni vendute è stato pari a 822 milioni, per una spesa complessiva di 13.996 milioni di

euro. Le maggiori classi di farmaci consumati sono quelli che riguardano il sistema nervoso e il sistema respiratorio, gli antiplastinici e gli immunomodulatori, ecc. Oltre ai farmaci ad uso umano ci sono i farmaci adoperati in zootecnia e acquicoltura.

I farmaci, sebbene abbiano attività curativa, sono da considerarsi a tutti gli effetti xenobiotici nell'ambiente. Quello che ancora non è ben noto è il destino delle azioni esercitate dai farmaci e dai loro metaboliti nell'ambiente. Secondo la letteratura si riscontrano problemi di dispersione nelle acque e nei suoli, di ciclo vitale degli organismi e di possibilità di bioaccumulo nella catena alimentare per alcuni composti. Quanto detto è dovuto, in particolar modo, alle caratteristiche chimico-fisiche dei farmaci. Per quanto riguarda la loro rimozione dall'ambiente (nel caso dell'acqua, il ruolo dei depuratori), il consiglio è quello di aggiungere al normale ciclo depurativo un trattamento terziario (ozonizzazione, ossidazione avanzata, fotocatalisi, membrane filtranti). (Fig. 3)

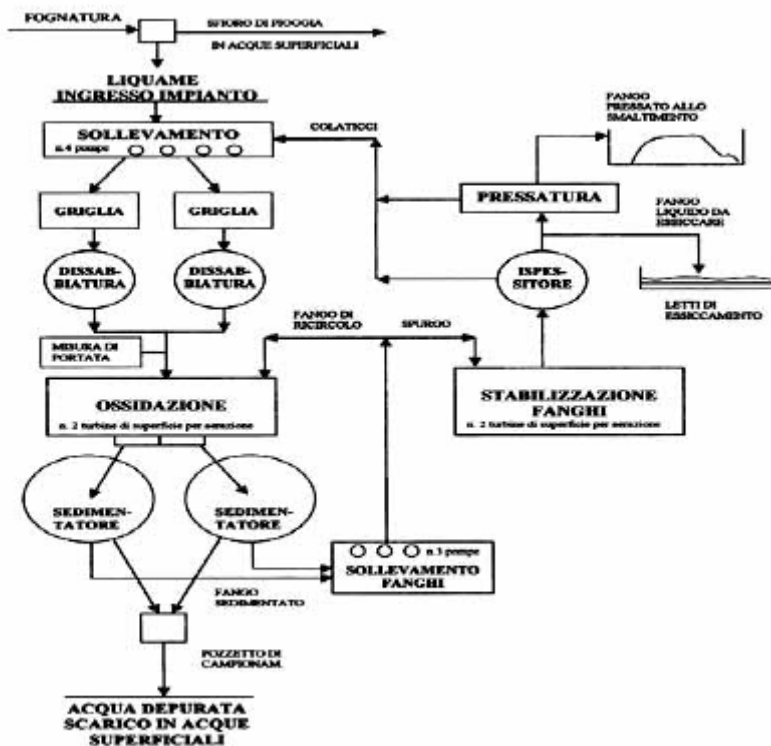


Fig. 3 Schema di un impianto di depurazione tradizionale, senza trattamenti terziari, con produzione di fanghi da smaltire.

Nell'ambito del controllo, la tecnica ecotossicologica svolge un ruolo importante, maggiormente se si tratta di miscele di più farmaci. Gli studi ecotossicologici sugli organismi acquatici sono stati rivolti a valutare soprattutto gli antibiotici (alterazioni delle comunità microbiche e sui nuovi ceppi) e gli ormoni sessuali (ermafroditismo nei pesci, femminilizzazione, anomalie riproduttive). Esempi di metodiche ecotossicologiche, adoperata

oggi in Italia, prevedono l'uso di batterie di test, come ad esempio, gli studi di tossicità acuta con *Vibrio fischeri*, *Brachionus calyciflorus*, *Thamnocephalus platyurus* e *Daphnia magna* (PRIN 2002, Università Federico II di Napoli), uniti a studi di genotossicità e mutagenicità con *Vibrio fischeri* / *Escherichia coli* e *Danio rerio* (PRIN 2002, Università Federico II di Napoli). Anche in Europa sono adoperati gli stessi metodi. Per quanto riguarda la normativa c'è da segnalare in modo particolare due Direttive Comunitarie: La Direttiva 2001/83/EC, relativa ai medicinali per uso umano, e la Direttiva 93/39/EEC "*Guideline on the environmental risk-assessment of medicinal products for human use*" che segnala i possibili rischi ambientali. Gruppi di lavoro europei e extraeuropei sono oggi al lavoro per fornire migliori metodiche.

Negli USA, l'USEPA si occupa da anni di monitoraggio delle acque per valutare la presenza di PPCPs (*Pharmaceuticals and Personal Care Products*). Il problema è superiore rispetto a quello italiano in quanto gli USA fanno largo consumo di acque rigenerate per uso potabile.

E' importante comunque annotare la gran mole di studi e progetti attualmente in corso presente nel sito www.epa.gov/ppcp/.

Per concludere si può affermare che

1. il problema della presenza di "farmaci" nelle acque è un problema consistente e diffuso;
2. numerosi studi dimostrano la presenza di farmaci nell'ambiente e la loro azione anche su specie non target;
3. la necessità di avere una normativa con limiti tabellari;
4. la necessità di avere maggiori controlli e monitoraggi mirati;
5. è richiesta una maggiore attenzione anche verso i metaboliti e lo studio delle miscele;
6. ai normali trattamenti di depurazione si richiede l'aggiunta di quelli di tipo terziario.

STUDIO DEGLI EFFETTI DI XENOBITICI AMBIENTALI SUI MITILI MEDIANTE L'UTILIZZO DI TEST ECOTOSSICOLOGICI

DI CATERINA CIACCI, UNIVERSITÀ "CARLO BO" DI URBINO

La relazione prende in considerazione gli xenobiotici ambientali (virus, batteri, parassiti e un ampio gruppo di sostanze chimiche, naturali e di sintesi, estranee all'organismo, come gli inquinanti atmosferici e ambientali, i pesticidi, i farmaci, i metalli, i nanomateriali, ecc.) che possono arrecare effetti avversi sugli organismi agendo, ad esempio, come distruttori endocrini (*Endocrine Disrupting Chemicals* o EDC) che alterano la funzionalità del sistema endocrino (interferendo in modo sinergico o antagonista con la sintesi, il metabolismo e il meccanismo di azione degli ormoni). Gli inquinanti antropogenici ad azione estrogenica e antiestrogenica sono diffusi abbondantemente nell'ecosistema acquatico, in cui, a causa della loro lipofilicità, si concentrano sui sedimenti e nella catena alimentare rappresentano un potenziale rischio per le specie acquatiche.

Gli organismi sui quali sono state eseguite alcune determinazioni analitiche sono i molluschi. Su di essi sono stati saggiati estrogeni steroidei di origine naturale (17α -estradiolo (E2) prodotto dalle ovaie), estrogeni steroidei di sintesi (17α -etinilestradiolo (EE)) e i composti estrogenici di sintesi non steroidei (diethylstilbestrolo (DES)). La valutazione della Potenza Estrogenica Relativa (EEF) dei composti rilevati, determinata mediante test biologici sui mammiferi ($EEF = EC_{50}(\text{estradiolo})/EC_{50}(\text{composto})$) ha rilevato che elevate concentrazioni di (E2) inducono, nei mitili sottoposti a prova, una destabilizzazione dei lisosomi, alterazione dell'omeostasi del calcio e un aumento della proteolisi lisosomiale (autofagia), cioè immunosoppressione. Test in vitro hanno confermato tale rilievo.

I test di stabilità delle membrane lisosomiali sono rapidi, semplici e a basso costo e tali test rappresentano il parametro di effetto più sensibile all'esposizione di emociti del mitilo a xenobiotici ambientali perché rispondono in maniera dose dipendente per un'ampia gamma di concentrazioni.

CARATTERIZZAZIONE ECOTOSSICOLOGICA DI SOLUZIONI ACQUOSE CONTENENTI PRODOTTI FARMACEUTICI

DI MAFALDA INGLESE, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FEDERICO II DI NAPOLI

I farmaci presenti nell'ambiente hanno quattro diversi effetti nella matrice acqua: l'effetto sinergico (ossia l'effetto combinato di due o più sostanze è maggiore di quello di una singola sostanza); l'effetto di potenziamento (ossia una sostanza presenta un effetto maggiore se associata a un'altra); l'effetto antagonista (ossia una sostanza riduce l'effetto di un'altra); infine, l'effetto additivo (ossia la combinazione di più sostanze produce un effetto che è la somma degli effetti).

Viene illustrato un lavoro eseguito con la partecipazione dell'Università Federico II di Napoli sulle acque reflue dell'isola di Cipro, nelle quali erano presenti forti concentrazioni di farmaci (*Ibuprofen*, *Diclofenac sodium*, *Carbamazapine*, *Amoxicillin trihydrate*, *Ofloxacin*, ecc). Gli organismi selezionati per tali prove ecotossicologiche sono stati: *Vibrio fisheri*, *Pseudokirchneriella subcapitata*, *Artemia salina*, *Daphnia magna*, *Paracentrotus lividus*, *Sparus aurata*, *Lepidium sativum*. Per ogni composto, dalla soluzione madre di 320 mg/L, sono state eseguite sei diluizioni (160, 80, 40, 20, 10 e 5 mg/L) e si è, quindi, calcolato l'EC₅₀. A seguito dei risultati delle prove si può affermare che tutti i prodotti farmaceutici testati hanno mostrato tossicità negli organismi sottoposti a prova e che il monitoraggio, per la presenza di farmaci nell'ambiente e la misura del loro potenziale ecotossicologico per la definizione del rischio ambientale ad essi connesso, dovrebbero rappresentare gli *end-point* dei futuri programmi di ricerca.

LE DIRETTIVE EUROPEE IN MATERIA DI ACQUE

DI CATERINA SOLLAZZO, MATTM

La Direttiva Quadro sulle Acque predispone una profonda revisione della politica di tutela e risanamento delle risorse idriche a livello comunitario.

Le novità della Direttiva sono:

- 1) tutela dei corpi idrici nell'ambito di ciascun distretto idrografico
- 2) raggiungimento di obiettivi di qualità attraverso l'approccio combinato
- 3) gestione integrata dell'aspetto qualità/quantità
- 4) attività conoscitiva
- 5) piano di gestione
- 6) informazione e consultazione pubblica.

Nell'ambito della tutela dei corpi idrici assume grande rilevanza il "distretto idrografico", cioè l'area di terra e di mare costituita da uno o più bacini idrografici limitrofi e dalle rispettive acque sotterranee e costiere. Gli Stati Membri devono individuare i singoli bacini idrografici presenti nel proprio territorio e assegnarli a singoli distretti idrografici.

Il raggiungimento del "buono stato di qualità delle acque" è fissato per il 2015.

In questo quadro la Direttiva impone un'attività conoscitiva molto più articolata di quella nazionale: essa comprende la tipizzazione, l'analisi delle pressioni, l'individuazione del corpo idrico, le condizioni di riferimento e il monitoraggio.

Sui corpi idrici dovrà essere effettuata un'analisi delle pressioni e degli impatti al fine di individuare quei corpi idrici che sono a rischio per il raggiungimento degli obiettivi ambientali. Su questi, in via prioritaria, sarà necessario attivare le misure di risanamento.

Per quanto riguarda il monitoraggio, la Direttiva Quadro considera:

- a) il monitoraggio di sorveglianza
- b) il monitoraggio operativo
- c) il monitoraggio di indagine.

Infine, vi è la Proposta di Direttiva 2006/129, del Parlamento Europeo e del Consiglio, relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque recante modifica della Direttiva 2000/60/CE.

In materia di acque, con la Decisione 2455/01/CE (che modifica la Direttiva 2000/60/CE) relativa all'istituzione di un elenco di sostanze prioritarie (ne sono state selezionate 33 e di queste: 11 eliminazione da tutti gli scarichi e, 22 riduzione da tutti gli scarichi), entro 20 anni dall'adozione delle misure a livello comunitario "la concentrazione in ambiente marino dovrà essere vicina al *background* naturale per i metalli e prossima allo zero per le sostanze sintetiche antropogeniche".

ACQUE SALATE/SALMASTRE E SEDIMENTI: L'ATTIVITÀ DEL GRUPPO UNICHIM

DI DAVID PELLEGRINI, ISPRA E UNICHIM

Per una valutazione oggettiva, che riduca al massimo l'arbitrarietà e garantisca una maggiore confrontabilità nell'espressione e nella valutazione dei risultati, occorrono procedure standardizzate. Le procedure standardizzate vanno eseguite sul campionamento e quindi sulle analisi chimiche, ecotossicologiche e biologiche.

Una procedura standardizzata è un documento approvato e riconosciuto da un Ente di Normazione (con regole ben precise). Essa è anche un utile strumento per le industrie, per gli enti governativi e privati e per tutti gli utenti che rappresentano i consumatori e/o gli utilizzatori finali.

Nei gruppi di lavoro UNICHIM è stato proposto un iter (su tre livelli) per la standardizzazione - normazione.

- Livello I: promozionale, di ricerca e approfondimento per la verifica dell'idoneità delle specie all'utilizzo di un saggio biologico a livello nazionale; può esistere un protocollo internazionale o una pubblicazione scientifica da cui si possa evincere la metodica da seguire, ma non è ancora dimostrata un'applicabilità su larga scala; tale fase può prevedere l'attività anche di un unico laboratorio.
- Livello II: di carattere più metodologico; viene riconosciuto un protocollo che prevede ancora alcune possibili varianti; in questa fase dovrebbero essere coinvolti almeno due laboratori differenti ed essere eseguiti i primi esercizi di interconfronto.
- Livello III: di normazione. In questa fase vengono eseguiti esercizi di interconfronto tra un numero adeguato di laboratori (almeno 8-10 di differente appartenenza) e viene riconosciuto un protocollo metodologico concordato da ufficializzare secondo UNICHIM-CEN-ISO.

Quando il saggio è al livello III (talvolta anche al livello II) può essere inserito in specifiche normative nazionali che prevedono l'utilizzo dei saggi biologici.

INDICE SINTETICO PER L'INTEGRAZIONE DEI RISULTATI DI BATTERIE DI SAGGI ECOTOSSICOLOGICI

DI RENATO BAUDO, CNR - ISE

Nell'ambito della Commissione UNICHIM Qualità dell'acqua, Gruppo di Lavoro Metodi Biologici, Sottogruppo Acque salate/salmastre e sedimenti, è stato costituito un gruppo *ad hoc* "Batterie, scale di tossicità e indici integrati" (Coordinatore: Dott. Renato Baudo), del quale fanno parte i coordinatori dei gruppi "Batteri", "Alghe", "Rotiferi", "Molluschi", "Policheti", "Crostacei", "Echinodermi", "Pesci", "*Biomarkers*", "Biocenosi bentoniche", "Campionamento, matrici e ambienti".

Tale gruppo ha avuto, come mandato, il compito di valutare, attraverso un esame critico della bibliografia internazionale e nazionale esistente, nonché dell'attività degli altri gruppi, la possibilità di costituire una o più batterie di saggi ecotossicologici che consentano di effettuare una valutazione ecotossicologica, tramite saggi di tossicità, dei sedimenti delle acque marine costiere e di transizione.

Tali batterie di saggi verranno, quindi, proposte alla comunità scientifica italiana per un loro possibile utilizzo nell'ambito di programmi di monitoraggio della qualità delle acque marine costiere e di transizione.

Il gruppo ha ricevuto, inoltre, il mandato di stabilire una scala di tossicità da applicare ai saggi ecotossicologici che compongono una batteria, indipendentemente dal loro numero e tipo, e di formulare, se possibile, un indice sintetico che cumuli i giudizi indipendentemente espressi sulla base dei singoli saggi di ecotossicità che compongono una batteria.

Con questo documento il gruppo ritiene di aver assolto il compito che gli era stato affidato, avendo elaborato un indice sintetico che consenta di integrare i risultati ottenuti con una batteria di saggi ecotossicologici.

Il metodo per calcolare una scala di rischio tossicologico per una batteria di saggi di tossicità su acqua e sedimenti, derivato dall'indice proposto da Hartwell (1997), permette, infatti, di calcolare il punteggio per un sito (o un campione), utilizzando un modello che combina severità dell'effetto, grado della risposta, variabilità del test, consistenza tra saggi e numero di *end-point* misurati.

In particolare, tale indice può essere applicato a qualsiasi batteria, indipendentemente dal numero e tipo di *end-point* considerati, e permette di calcolare in modo obiettivo tossicità e potenziale rischio di un campione, espressi in una scala arbitraria ma che corrisponde ad un "giudizio esperto" condiviso dai partecipanti al gruppo.

Ovviamente, questo indice va inteso solo come uno strumento di lavoro e non pretende di sostituirsi alla valutazione critica espressa dall'utilizzatore.

**WORKSHOP TEMATICO ARIA:
“BIOMONITORAGGIO DELL’ARIA:
VERSO UNA PROPOSTA
NORMATIVA”**

ROMA, 3 MARZO 2009

ORIGINE, CONTROLLO E GESTIONE DEGLI ERRORI NEL (BIO)MONITORAGGIO AMBIENTALE: UNA PROSPETTIVA UNIFICANTE

DI MARCO FERRETTI, TERRADATA ENVIRONMETRICS SIENA

Nel (bio)monitoraggio ambientale gli errori possono essere di diversa natura (errori campionari, errori di misurazione, errori non statistici, errori nei modelli), possono variare per entità e importanza relativa, ma sono comuni ai diversi approcci (si presentano tutti gli errori) e frequenti (si presentano sempre) (Ferretti, 2009). Occorre quindi conoscerli, controllarli e gestirli (Fattorini, 2009). Ciò significa considerare gli errori sin dalla progettazione del monitoraggio e far sì che la loro entità sia quantificabile, la loro dimensione compatibile con gli obiettivi del monitoraggio, e che siano documentati. Sfortunatamente, ciò è estremamente raro in Italia: molto spesso gli errori campionari non sono neanche calcolabili a causa di vizi nel "campionamento" (che a volte non può neanche chiamarsi tale); né è possibile sapere se un errore è compatibile o no con gli obiettivi del monitoraggio, semplicemente perché gli obiettivi non riportano mai la precisione richiesta o la confidenza con cui si vogliono verificare cambiamenti nel tempo e nello spazio. Esistono varie ragioni a monte di queste lacune (LEGGÉ NAGY, 2006), ma - visto che le problematiche sono largamente simili anche tra diversi programmi di monitoraggio - è necessario sviluppare un modello di riferimento che guidi enti/agenzie e tecnici verso una progettazione di qualità.

Le procedure di assicurazione di qualità, che considerano tutti gli stadi di un programma di monitoraggio, rappresentano il quadro concettuale unificante e adatto a sviluppare un modello del genere. E' bene ricordare che migliorare la qualità del monitoraggio è interesse di tutti: "*The results of inadequate monitoring can be both misleading and dangerous not only because of their inability to detect ecologically significant changes, but also because they create the illusion that something useful has been done*" (PETERMAN, 1990). In questa prospettiva, ritengo che enti e agenzie pubbliche non dovrebbero finanziare progetti che non abbiano sviluppato piani di assicurazione di qualità.

POLLINE E INQUINAMENTO ATMOSFERICO: APPLICAZIONE DEL PROTOCOLLO APAT E POSSIBILI REVISIONI

DI ELENA GOTTARDINI, FONDAZIONE "EDMUND MACH" - IASMA

Alcuni Autori suggeriscono la possibilità di ottenere indicazioni sugli effetti degli inquinanti atmosferici attraverso misure dell'attività biologica del polline; quest'ultimo, infatti, mostra alterazioni fisiologiche, nonché biochimiche, ultrastrutturali e morfologiche, dovute all'esposizione a sostanze antropogeniche. Tali alterazioni vengono generalmente testate analizzando la vitalità pollinica, che è la capacità del polline di completare gli eventi post-pollinazione e di realizzare la fecondazione.

Sebbene numerosi lavori dimostrassero una riduzione della vitalità del polline in corrispondenza di situazioni diversamente alterate, risultava difficile chiarire la relazione tra vitalità pollinica e livello di inquinamento effettivamente misurato in una determinata zona.

Per rispondere a questa esigenza, nell'ambito del task "Biomonitoraggio" del Centro Tematico Nazionale ACE (Atmosfera Clima Emissioni in aria) è stato elaborato un protocollo sperimentale che definisce una procedura per condurre studi osservazionali volti a verificare se la vitalità pollinica risponda o meno a livelli diversificati di contaminazione atmosferica (Gottardini et al., 2003). Attraverso l'acquisizione di dati oggettivi e riproducibili, il protocollo mira a stabilire se esiste un rapporto tra inquinamento – causa - e vitalità pollinica – effetto -, premessa necessaria per la definizione di una metodica di biomonitoraggio.

Il protocollo, basato su un disegno di campionamento completamente randomizzato, è stato successivamente applicato per valutare gli effetti del biossido di azoto (NO₂) sulla vitalità del polline di *Pinus nigra* Arnold (Gottardini et al., 2008). Il lavoro è stato realizzato su un'area del nord Italia, selezionando due gruppi di unità di campionamento con livelli significativamente differenti di NO₂ (alto NO₂: 41.9 - 44.6 µg m⁻³; basso NO₂ : 15.4 - 21.0 µg m⁻³), cercando di minimizzare altre variabili (ad es. condizioni climatiche, età e stato di salute delle piante, stadio fenologico alla raccolta del polline). Il polline raccolto nelle unità di campionamento selezionate è stato sottoposto al test di vitalità con sali di tetrazolio (*TTC-test*).

I risultati mostrano che la vitalità pollinica nelle aree a basso livello di NO₂ è significativamente più alta (91.8%, CI: 90.4-93.1) rispetto alle aree ad alto livello di NO₂ (80.9%, CI: 78.6-83.2). Si conferma, inoltre, la necessità di adottare un appropriato disegno di campionamento per poter fare inferenze sulla popolazione analizzata e applicare appropriati test statistici.

Ulteriori risultati ed elaborazioni suggeriscono l'opportunità di apportare alcune modifiche al protocollo APAT, in particolare per quanto riguarda le numerosità campionarie, il prelievo del campione pollinico sulla pianta e la definizione delle caratteristiche di qualità dei dati (DQLs e MQOs), al fine di favorire e irrobustire un'applicazione a più vasta scala del protocollo.

RETE DI MONITORAGGIO IN ITALIA PER VALUTARE LE RICADUTE AL SUOLO UTILIZZANDO MUSCHI E SUOLI SUPERFICIALI

DI ROBERTO CENCI, CENTRO COMUNITARIO DI RICERCA JRC

Le Linee Guida per i muschi rivestono un'importanza strategica in quanto il loro utilizzo consente di uniformare le indicazioni che si ottengono in ambienti a differente estensione e pressione antropica, permettendo di raffrontare i risultati così ottenuti con altri metodi. Le caratteristiche morfologiche garantiscono il buon utilizzo dei muschi come bioaccumulatori per l'ottenimento delle informazioni relative alle ricadute di un numero significativo di contaminanti organici e inorganici di origine antropica e la valutazione della quantità che si deposita al suolo.

L'abbinamento muschio-suolo è da ritenersi indispensabile per identificare e discriminare l'origine delle ricadute dei contaminanti dovuta alle attività dell'uomo rispetto a quella naturale.

LA NORMAZIONE EUROPEA CEN DEL BIOMONITORAGGIO DEGLI EFFETTI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO MEDIANTE LICHENI EPIFITI

DI PAOLO GIORDANI¹, GUIDO INCERT², GIORGIO BRUNIALTI³

¹ Società Lichenologica Italiana e Dipteris - Università degli Studi di Genova

² Dip. Bologna - Università degli Studi di Trieste

³ TerraData *environmetrics* Siena

La norma tecnica è la prima garanzia di qualità di un processo di misura: essa fornisce l'incertezza della misura, consente la ripercorribilità, la ripetibilità e la riproducibilità del processo di applicazione, limita la soggettività e la discrezionalità degli operatori e garantisce la possibilità di controllo da parte dei soggetti coinvolti. I tempi per l'approvazione sono piuttosto lunghi, circa tre anni. Al lavoro ci sono tre gruppi (italiani ed europei): GDL Biomonitoraggio della Società Lichenologica Italiana (SLI), GL4 UNI "Qualità dell'aria" e CEN/TC 264/WG 31 "*Biomonitoring methods with mosses and lichens*". Una prima bozza della norma "*Preliminary work item 00264107*" "*Biomonitoring of air - Determination of Biological Index of Epiphytic Lichens*" comprende il campionamento e la qualità del dato, mentre rinvia a norme future l'interpretazione dei dati.

BIOACCUMULO ED ELEMENTI IN TRACCIA MEDIANTE LICHENI: STANDARDIZZAZIONE E PROGRESSI NORMATIVI

Di PAOLO GIORDANI¹, GUIDO INCERTI², GIORGIO BRUNIALTI³

¹ Società Lichenologica Italiana e Dipteris - Università degli Studi di Genova

² Dip. Bologna - Università degli Studi di Trieste

³ TerraData *environmetrics* Siena

Ad oggi le linee guida e i protocolli non normati in uso sono essenzialmente tre:

1. Nimis P.L. & Bargagli R., 1999 – Linee guida per l'utilizzo di licheni epifiti come bioaccumulatori di metalli in traccia. *Atti workshop* (Roma, 26-27 Novembre 1998). A.N.P.A.: 279-287.
2. Bargagli R. & Nimis P.L., 2002 – Guidelines for the use of epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric deposition of trace metals. In: Nimis PL, Scheidegger C., Wolseley P.A. (eds.). *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*. Kluwer Acad. Publ., Amsterdam, pp.295-299.
3. Bozza Protocollo ANPA (*unpublished*).

Ne consegue che l'obiettivo principale è la richiesta di una norma UNI che debba tenere conto delle necessità di:

- a. Normare le fasi campionarie e analitiche del metodo di bioaccumulo di elementi in traccia mediante licheni epifiti.
- b. Avere un metodo che permetta di stimare i *pattern* spaziali e temporali di concentrazioni dei principali elementi in traccia (inclusi i metalli pesanti) e di ottenere stime dell'alterazione rispetto a valori di *background* naturale.
- c. Avere, con opportuni adattamenti campionari, una metodologia applicabile su vaste aree, anche in presenza di sorgenti locali di emissione.

Il relatore, dopo aver considerato le basi biologiche del bioaccumulo, considera la pianificazione del disegno campionario e analizza le criticità della fase di campo.

Altre criticità si possono avere nelle analisi chimiche a causa del livello di pulizia del campione, della tecnica di mineralizzazione parziale con HNO₃ (ultimamente è adoperato l'HF) e della determinazione degli elementi mediante tecniche spettrofotometriche ad assorbimento atomico (ICP-AES, ICP-MS).

SENSIBILITÀ DEGLI ECOSISTEMI VEGETALI ALLE DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE: I CARICHI CRITICI. L'ATTIVITÀ DELL'ISPRA A SUPPORTO DEL MINISTERO DELL'AMBIENTE

DI PATRIZIA BONANNI E VALERIO SILLI, ISPRA

Il settore Piani di Risanamento e Impatti opera su due filoni principali: il primo è quello dei Piani di risanamento della qualità dell'aria, nei quali si valuta l'efficacia degli interventi effettuati a livello regionale. Nel secondo, quello degli Impatti, vengono, invece, valutati gli effetti dell'inquinamento atmosferico su ecosistemi e materiali.

Nel primo caso il settore, così come indicato dal D. Lgs. 351/99, supporta il Ministero dell'Ambiente nella raccolta e validazione dei piani di risanamento della qualità dell'aria, con particolare riguardo alla valutazione dell'efficacia degli interventi di risanamento attraverso una quantificazione della riduzione delle emissioni e il miglioramento della qualità dell'aria, per mezzo di misure convenzionali e non come l'IBL – Indice di Biodiversità Lichenica.

Nel secondo filone di attività, il supporto fornito al Ministero dell'Ambiente è finalizzato a ottemperare agli obblighi derivanti dalla Convenzione di Ginevra sull'Inquinamento Atmosferico Transfrontaliero a Lunga Distanza – CLRTAP (1979) in relazione alle operazioni di mappatura dei carichi e livelli critici, di concerto con l'ENEA. Da ricordare anche la collaborazione (protocollo d'intesa) con l'ISCR (Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro) che ISPRA ha dal 2000 per lo studio degli effetti dell'inquinamento atmosferico sui beni d'interesse storico e artistico.

Per quel che concerne l'utilizzo di organismi biologici per lo studio della qualità dell'aria (biomonitoraggio), il settore punta a completare la rete di campionamento per l'Indice di Biodiversità Lichenica (IBL) definita a livello nazionale e il relativo *database* ancora scarsamente popolato, attraverso la raccolta dei dati esistenti a livello regionale e l'interscambio di informazioni esistenti.

La biodiversità lichenica (BL) è definita come la somma delle frequenze delle specie presenti in un reticolo a maglie di superficie di campionamento costante. L'attuale metodica di rilevamento è derivata da una serie sistematica di studi che, a partire dagli anni '60, hanno indagato la correlazione tra struttura e composizione delle comunità licheniche epifite e concentrazione di inquinanti aerodispersi. Il metodo applicato fino alla fine degli anni '90 consisteva nel rilevamento della frequenza delle specie licheniche all'interno di un reticolo di dimensioni costanti (una griglia di 10 unità). La somma di tali frequenze individuava un indice, detto IAP, *Index of Atmospheric Purity*, che valutava il livello di "qualità dell'aria". Tale metodica presentava però alcune importanti criticità legate alla soggettività dell'operatore, quali ad esempio la scelta del sito di campionamento, dell'albero da campionare e il posizionamento del reticolo sull'albero.

UTILIZZO DELLE API NEL MONITORAGGIO AMBIENTALE

DI CLAUDIO PORCINI, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

Le api sono degli ottimi indicatori biologici perché segnalano il danno ambientale in due modi: attraverso l'alta mortalità, nel caso di agrofarmaci, e attraverso i residui che si possono riscontrare nei loro corpi nel caso di altri agenti inquinanti che non ne provocano la morte (es. metalli pesanti, radionuclidi ecc.). Molte caratteristiche etologiche e morfologiche fanno dell'ape un buon rivelatore ecologico: è facile da allevare; è un organismo quasi ubiquitario; non ha grandi esigenze alimentari; ha il corpo riccamente coperto di peli che la rendono particolarmente adatta ad intercettare materiali e sostanze con cui entra in contatto; è altamente sensibile alla maggior parte dei prodotti antiparassitari che possono essere rilevati quando sono sparsi impropriamente nell'ambiente; l'alto tasso di riproduzione e la durata della vita media, relativamente corta, induce una veloce e continua rigenerazione nell'alveare; ha un'alta mobilità e un ampio raggio di volo (circa 1,5 km dall'alveare) che permette di controllare una vasta zona; effettua numerosi prelievi giornalieri; perlustra tutti i settori ambientali (terreno, vegetazione, acqua, aria); ha la capacità di riportare in alveare materiali esterni di varia natura e di immagazzinarli secondo criteri controllabili; necessità di costi di gestione estremamente contenuti, specialmente in rapporto al grande numero di campionamenti effettuati. Una popolazione di media forza può comprendere anche 40.000 individui, di questi circa un quarto sono le bottinatrici che visitano all'incirca un migliaio di fiori al giorno per prelevare nettare e polline. Quindi, si può dedurre che un singolo alveare effettua circa 10 milioni di microprelievi ogni giorno in un'area di 7 km²!

Monitoraggio dei pesticidi (campi coltivati, giardini, orti familiari, parchi ecc.)

Come detto precedentemente, le api sono estremamente sensibili agli agrofarmaci. Il numero di api morte davanti l'alveare è quindi la variabile più importante da considerare per questi agenti inquinanti e varia secondo un certo numero di fattori: la tossicità del principio attivo, la presenza e l'estensione delle fioriture delle piante coltivate o spontanee, la presenza delle api durante il trattamento chimico, i mezzi usati per la distribuzione del prodotto, la presenza o meno di vento, ecc. Molte api direttamente investite dall'insetticida in campo, mentre visitavano i fiori per raccogliere il nettare e il polline, moriranno in campo o durante il loro volo di ritorno, mentre altre api colpite soltanto marginalmente moriranno nell'alveare. In questo caso l'ape funge da indicatore diretto. Nel caso invece di prodotti che non sono particolarmente tossici, l'insetto funge da indicatore indiretto, cioè non sensibile ma esposto e fornirà le informazioni sotto forma di residui. Con questa strategia è possibile ottenere numerosi dati quali ad esempio i principi attivi maggiormente impiegati in una determinata area, i periodi e le zone ad alto rischio, le colture trattate e gli errori degli agricoltori nella gestione fitoiatrica. È inoltre possibile valutare, con specifici indici, il grado di inquinamento ambientale da queste sostanze.

Monitoraggio dei metalli pesanti (aree urbane, zone industriali, svincoli autostradali, ecc.)

Una delle caratteristiche fondamentali, che differenziano i metalli pesanti da altri contaminanti come i pesticidi, è il tipo di immissione nel territorio e il loro destino ambientale. I fitofarmaci vengono diffusi in maniera puntiforme, sia nel tempo che nello spazio e, a seconda del tipo di molecola chimica, della stabilità e affinità con l'organismo bersaglio e l'ambiente circostante, e sono degradati dai diversi fattori ambientali in tempi più o meno lunghi. I metalli pesanti, invece, sono emessi in continuazione dalle varie fonti, naturali e antropiche e, non subendo degradazioni, vengono continuamente rimessi in "gioco" entrando nei cicli fisico-biologici.

I metalli pesanti possono essere captati dalle api nell'atmosfera tramite il corpo peloso e portati nell'alveare insieme al polline, oppure assunti suggendo il nettare dei fiori, l'acqua di pozzanghere, fossi, fontane e ruscelli o insieme alla melata degli afidi.

Monitoraggio dei radionuclidi

Il controllo della contaminazione radioattiva è iniziato in Italia nelle aree circostanti le centrali nucleari di Trino Vercellese e di Corso. Ma è stata l'emergenza di Chernobyl (aprile - maggio 1986) a fornire la prova inequivocabile di come l'ape potesse funzionare egregiamente anche per il rilevamento dei radioisotopi. Numerosissime sono state, e continuano ad essere, le sperimentazioni condotte da molti autori con le api dopo Chernobyl. In una ricerca svolta dal nostro gruppo, sempre nell'ambito di Chernobyl, si è potuto mettere in evidenza, analizzando numerosi campioni di miele, api, cera e polline, come quest'ultima matrice risulti la migliore per indicare la contaminazione atmosferica da radionuclidi in quanto riflette fedelmente quella dell'aria. Anche le api possono essere impiegate proficuamente a questo scopo, mentre per il miele ci sono molte perplessità. Nel maggio 1998, ad esempio, nei campioni di api prelevati dalle stazioni di monitoraggio ambientale dislocate nella provincia di Bologna abbiamo rilevato la presenza anomala di Cesio 137. Questo radionuclide artificiale, usato per applicazioni cliniche, industriali e di ricerca, è uno dei principali prodotti radioattivi delle reazioni di fissione che avvengono nei reattori nucleari. Si è potuto escludere che la radioattività anomala riscontrata provenisse da impianti nucleari in attività in quanto il Cs-137 non era accompagnato dagli altri radionuclidi che vengono prodotti durante la fissione. Il fatto è stato invece messo in relazione con l'incidente accaduto qualche settimana prima in una acciaieria di Algeciras nella Spagna meridionale, con emissione di Cs-137 proveniente da una sorgente radioattiva dismessa e finita in fonderia. I livelli di radioattività erano trascurabili, di molte volte inferiori a qualsiasi soglia minima di attenzione, ma la matrice api (situata a 2.000 km di distanza!) ha prontamente evidenziato la presenza, seppure minima, di Cs-137 nell'ambiente.

Monitoraggio di microrganismi fitopatogeni

Erwinia amylovora (EA) è l'agente causale del colpo di fuoco, la più distruttiva malattia batterica delle Rosacee, in particolare di pero, melo e ornamentali. Nella regione Emilia-Romagna, EA è stata segnalata per la prima volta nel 1994. E' risaputo che l'ape è un potenziale vettore di EA e

gli spostamenti degli alveari, per la produzione di miele e il servizio di impollinazione, sono stati conseguentemente limitati dalla legge. Successivamente però è stato dimostrato che le api possono essere utilizzate per l'individuazione precoce del batterio nell'ambiente. Il polline può essere considerato una buona matrice di facile impiego per il monitoraggio di EA, in particolare nelle aree di espansione della malattia.

Impiego delle api nel rilevamento di sostanze esplosive

Il motivo per cui le api sono state candidate all'individuazione di sostanze esplosive è che esse presentano un'elevata capacità di apprendimento degli odori: per la stragrande maggioranza delle molecole basta una sola esposizione perché l'ape possa fissare nella memoria il suo odore. Il processo di apprendimento associativo degli odori nelle api è una componente essenziale del comportamento di bottinamento. Ovviamente le molecole più facilmente riconosciute dalle api sono quelle dei profumi dei fiori e quindi associabili a una ricompensa in nettare o polline. Tuttavia, esse possono essere indotte ad associare alla ricompensa pressoché qualunque odore, anche quelli solitamente repellenti

Da quanto si evince dalla letteratura e dalle notizie rinvenute sul web, il metodo è stato attualmente applicato al riconoscimento dei vapori di vari tipi di esplosivi, nonché all'individuazione di campi minati nelle aree a rischio. Le api vengono impiegate già da diversi anni negli Stati Uniti nel rilevamento di sostanze esplosive, tuttavia le informazioni derivano soprattutto da fonti giornalistiche, piuttosto che da letteratura scientifica, e sono frammentarie e poco dettagliate, probabilmente a causa del fatto che le ricerche sono coperte da segreto militare/industriale.

Le api possono anche essere usate in ambienti chiusi, come aeroporti e stazioni ferroviarie, per individuare sostanze esplosive. Per far ciò si utilizza un apparecchio portatile che contenga all'interno alcune api addestrate per il riconoscimento di diverse categorie di odori. All'interno del contenitore vengono convogliati gli odori da riconoscere: la risposta di estroflessione della ligula da parte delle api viene convertita in un segnale elettrico che può essere recepito dall'operatore.

SISTEMI DI BIOINDICAZIONE PER L'OZONO: PASSATO, PRESENTE (E FUTURO?)

DI CRISTINA NALI, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA

Con il termine di biomonitoraggio si intende "l'impiego di un organismo (o di parte di esso o di una società di essi) per ottenere informazioni sulla qualità di una parte del suo ambiente". Questa metodica - estremamente innovativa - si basa sulla valutazione delle risposte di specifici organismi che presentano una notevole sensibilità a numerosi contaminanti. La tipicità dei sintomi che alcune specie vegetali presentano quando vengono esposte, le variazioni nella composizione floristica che ne conseguono e la possibilità che alcune sostanze si accumulino nei tessuti, sono i principali fattori che consentono l'impiego dei vegetali come indicatori biologici della salute ambientale. Di particolare interesse sono i sistemi di bioindicazione per l'ozono (O₃), universalmente riconosciuto come il principale (più diffuso, ma anche il più nocivo) agente tossico dell'atmosfera. Il primo esperimento di fitotossicologia risale al 1911: piante di lattuga, cresciute in aree a diversa distanza dal centro di Leeds (Inghilterra) mostrano vistose differenze nel peso fresco. Successivamente sono stati messi a punto sistemi-modello per il rilevamento degli effetti dell'O₃, che al meglio sintetizzano le possibilità anche operative di queste metodiche (quali la cultivar Bel-W3 di tabacco, usata allo stadio sia cotiledonare che adulto, e i cloni NC-S ed NC-R di trifoglio bianco).

Attualmente sono in fase di introduzione le piante spontanee e perenni, così da ridurre al minimo le problematiche (quali differenze a livello genetico, di composizione di comunità e adattamento ambientale) legate al trasferimento di informazioni che derivano dalle piante sentinella alle condizioni naturali o semi-naturali. Alcune questioni restano ovviamente aperte, sebbene nel corso degli anni le tecniche di bioindicazione si siano affinate; fra queste resta sicuramente da comprendere quanto sia realistica la risposta delle piante indicatrici, la bontà della qualità dei dati e la correttezza delle applicazioni statistiche.

CAMBIAMENTI DEL CLIMA E DI COMPOSIZIONE DELL'ATMOSFERA: LIMITI E PROSPETTIVE DELLE TECNICHE DI BIORILEVAMENTO

DI ROBERTO BARGAGLI, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA

Il fatto che le piante riflettano le caratteristiche del suolo (disponibilità di acqua, nutrienti, pH, anomalie geochimiche) è noto sin dall'antichità e le prospezioni geobotaniche e biogeochimiche costituiscono ancora un valido strumento d'indagine del territorio. Durante la Rivoluzione Industriale, soprattutto nei centri urbani e industriali dove si faceva un grande uso di carbon fossile, si cominciarono a rilevare nelle piante e nelle comunità di licheni anche gli effetti dell'inquinamento atmosferico. Nel secolo scorso, furono messe a punto varie procedure basate sulla diagnosi dei danni rilevabili sulle foglie di specie sensibili e/o sulla biodiversità dei licheni, allo scopo di acquisire informazioni sulla qualità dell'aria. Queste procedure, probabilmente, sono ancora di attualità in molti Paesi in via di sviluppo, dove una straordinaria crescita delle attività energetiche e industriali non è accompagnata da adeguate misure per la protezione della salute e dell'ambiente. In Europa e negli Stati Uniti, negli ultimi decenni, sono state introdotte normative e tecnologie per ridurre le emissioni di inquinanti e si stanno registrando significative diminuzioni delle concentrazioni di Pb, CO, di deposizioni acide e di alcuni inquinanti gassosi fitotossici come l'SO₂. Tuttavia, il problema dell'inquinamento atmosferico non è affatto risolto, è solo cambiato. A concentrazioni spesso elevate di alcuni inquinanti, si vanno sostituendo un maggior numero di elementi e composti potenzialmente tossici, basti pensare agli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) o ai platinoidi impiegati nelle marmitte catalitiche degli autoveicoli. La maggior parte di questi contaminanti sono presenti in minime concentrazioni e si trovano per lo più associati alle particelle più fini, prodotte dai processi di combustione.

Secondo i più recenti rapporti dell'OMS, nelle nostre città i principali rischi per la salute sono determinati dal particolato ultrafine (< 1µm), che ogni anno in Europa determina circa 100.000 morti e dall'O₃ troposferico. Sebbene manchino evidenze scientifiche definitive, si ritiene che la tossicità (di medio e lungo termine) del particolato ultrafine sia dovuta soprattutto agli effetti (additivi e/o sinergici) di alcuni elementi in tracce e degli IPA. Per questo tipo di esposizione, come per quella all'O₃, secondo l'OMS, è impossibile stabilire delle concentrazioni di "non effetto". Quindi, non solo le norme per il controllo della qualità dell'aria sono inadeguate per un'efficace protezione della salute, ma anche i dati acquisiti con le attuali reti automatiche di monitoraggio non consentono di poter valutare/prevedere i possibili rischi. Infatti, la maggior parte delle stazioni di rilevamento misurano la quantità di PM₁₀ e non quella delle particelle ultrafini e nulla sappiamo sulla loro composizione. In questo contesto, i bioaccumulatori (attivi e passivi) degli inquinanti atmosferici persistenti, e soprattutto quelli in grado di intercettare il particolato atmosferico più fine (licheni, muschi, foglie degli alberi, *moss-bags*), giocheranno un ruolo sempre più importante perché consentono, in breve tempo e con poca

spesa, di acquisire informazioni quantitative e mappe di deposizione di elementi in tracce, IPA e altri contaminanti associati al particolato fine.

Nel caso dei biomonitoraggi con organismi che rispondono alla presenza degli inquinanti atmosferici con sintomi specifici e facilmente diagnosticabili (bioindicatori), giocheranno un ruolo importante soprattutto quelli particolarmente sensibili agli effetti dell'O₃. Infatti, sebbene molte "centraline" misurino le concentrazioni di questo inquinante, il ruolo delle foglie di tabacco o di altri specifici bioindicatori è fondamentale perché consente di mappare i livelli di O₃ anche in zone periferiche e rurali, dove le concentrazioni possono superare quelle dell'ambiente urbano.

La progressiva riduzione delle concentrazioni di SO₂ e altri inquinanti gassosi fitotossici e il fatto che il particolato atmosferico venga adsorbito dalle superfici senza interferire con i processi metabolici, stanno ridimensionando il ruolo dei licheni epifiti e degli altri bioindicatori della qualità dell'aria. La rilevazione e l'interpretazione delle risposte agli inquinanti, soprattutto nei biomonitoraggi su larga scala e con sorgenti di contaminazione diffuse sul territorio, probabilmente sarà resa ancora più difficile dai possibili effetti dei cambiamenti climatici e ambientali. Tali effetti sono particolarmente evidenti negli ecosistemi situati alle latitudini e/o alle quote più elevate. Mediamente, negli ultimi 50 anni molte specie di piante e animali si sono spostate verso Nord di circa 30 km o verso l'alto di circa 30 m. Da circa due decenni, l'Oscillazione Nord Atlantica (NAO) sta determinando inverni più miti e umidi nell'Europa centro-settentrionale e maggiore aridità estiva e invernale nell'area del Mediterraneo. Molte specie di piante anticipano la fioritura e/o ritardano la caduta delle foglie e il loro ciclo di crescita aumenta di circa 3 giorni ogni 10 anni.

Storicamente, il ruolo principale dei bioindicatori della qualità dell'aria è stato quello di fornire informazioni sugli effetti biologici della complessa miscela di elementi e sostanze presenti nell'aria di città. Al momento questo ruolo è reso ancora più attuale dalla inadeguatezza delle norme e dei sistemi di monitoraggio degli inquinanti atmosferici, tuttavia, è assolutamente necessario individuare nuovi bioindicatori, specialmente tra gli organismi (animali) più facilmente reperibili negli ambienti urbani e che respirano il particolato ultrafine. A questo scopo, anche in Italia, sono stati già acquisiti alcuni risultati promettenti analizzando le risposte (*biomarkers*) in molluschi polmonati esposti per 4 settimane all'aria delle città e altre ricerche sono in corso sul bioaccumulo e il trasferimento degli inquinanti persistenti nelle reti trofiche di ambiente urbano e sugli effetti dell'inquinamento sulla biodiversità di alcuni *taxa* (oligocheti, molluschi, artropodi).

SINTOMI VISIBILI DA OZONO SULLA VEGETAZIONE SPONTANEA E SU PIANTE LEGNOSE. QUALI PROSPETTIVE PER IL BIOMONITORAGGIO

DI FILIPPO BUSSOTTI, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

E' noto che l'ozono (O_3), inquinante gassoso della troposfera, è in grado di produrre sintomi fogliari visibili sulle specie più sensibili della vegetazione spontanea. Questo comportamento ha suggerito la possibilità di usare piante spontanee come indicatrici passive dell'ozono stesso, e su questa base sono stati attivati programmi di monitoraggio nel Nord America e in Europa. In Italia il rilievo sistematico dei sintomi da ozono è svolto in prossimità delle aree di Livello II della Rete CONECOFOR. L'esperienza maturata in 10 anni di indagini ci ha consentito di definire potenzialità e limiti di questo tipo di attività.

Un primo ordine di problemi riguarda la notevole diversità di sensibilità all'ozono fra le popolazioni di una medesima specie, e anche fra i diversi individui di una medesima popolazione. Inoltre, le caratteristiche ecologiche di una stazione hanno influenza sulla dose di ozono realmente assorbita per via stomatica (che è maggiore nei siti umidi) e sulle difese enzimatiche e i processi di detossificazione (più efficienti in condizioni di stress). Infine, i sintomi sono più evidenti nelle piante giovani della rinnovazione che non sugli individui adulti. Ne consegue che la presenza e la diffusione dei sintomi da ozono non dipende solo dalle concentrazioni atmosferiche, ma anche in larga misura dalla composizione floristica, dalla struttura genetica delle popolazioni, dalle condizioni ecologiche compressive e dal grado di sviluppo delle piante presenti.

Ai fini del riconoscimento e della corretta classificazione dei sintomi, è utile distinguere i "sintomi da ozono" dai "sintomi *ozone-like*". Solo poche specie mostrano sintomi chiari e facilmente riconoscibili, riprodotti nell'ambito di trattamenti sperimentali e validati per mezzo di analisi microscopica. I tipici sintomi fogliari da ozono consistono in punteggiature (*stipple*) necrotiche che compaiono nelle aree internervali della lamina superiore, e che a livello microscopico corrispondono al collasso di cellule del mesofillo a palizzata. Nella maggior parte dei casi i sintomi fogliari consistono, invece, in manifestazioni aspecifiche indotte dalla concorrente azione delle radiazioni luminose, come per esempio arrossamenti (dovuti all'accumulo di antociani e altri pigmenti *screening* delle radiazioni luminose) e imbrunimenti (dovuti alla foto-ossidazione dei contenuti cellulari).

Dal punto di vista del rapporto quantitativo causa-effetto (cioè, nel nostro caso, fra esposizione e sviluppo dei sintomi), nella vegetazione spontanea non sono state osservate relazioni lineari come nel caso del biomonitoraggio con tabacco. I sintomi compaiono a una soglia di esposizione che può essere relativamente alta (nel faggio e in altre specie compaiono verso la fine della stagione estiva), e hanno un'espansione molto più rapida rispetto all'evolversi delle esposizioni stesse.

In conclusione, la presenza di "sintomi da ozono" certi indica senza dubbio l'impatto di questo inquinante, ma la loro assenza (anche sulle specie sensibili) non è una prova dell'assenza di ozono. I sintomi "*ozone-like*" non forniscono indicazioni specifiche, ma possono essere considerati come indicatori di una condizione di pressione ossidativa.

MONITORAGGIO AEROBIOLOGICO: METODO UNI 11108:2004

DI MARZIA ONORARI - ARPA TOSCANA

Gli inquinanti e le particelle, esaminati attraverso le centraline chimico-fisiche e il biomonitoraggio, possono essere d'origine antropica o naturale. Tra queste ultime, pollini, alghe, batteri e spore fungine sono di natura biologica. La loro deposizione può avvenire attraverso l'apparato respiratorio, naso-bocca, trachea-bronchi, bronchioli-alveoli. Lo studio di questa disciplina prende il nome di "Aerobiologia" che è la "scienza che studia le particelle di origine biologica presenti nell'atmosfera (pollini, spore fungine, batteri, virus, acari, alghe, licheni, etc.) in relazione, anche, ai loro effetti sull'ambiente (uomo, piante, animali, opere d'arte, etc.). Essa fornisce anche informazioni utilizzate in allergologia, fitopatologia, agricoltura, conservazione dei beni culturali, studio della biodiversità, del clima e dell'inquinamento atmosferico.

Per controllare queste particelle, attraverso metodiche di tipo analitico, si adopera il protocollo UNI 11108:2004, "Metodo di campionamento e conteggio dei granuli pollinici e delle spore fungine aerodisperse". La norma prevede che: "la precisione della misura è determinata nella fase di conteggio di ogni tipo di particella ed è valutata attorno al 10% del valore di conteggio". Ciò è valutabile con una lettura in doppio di un vetrino rappresentativo di ciascuna stagione si rientra più facilmente con valori superiori a 10 granuli.

La misura della concentrazione atmosferica di pollini e spore fungine, espressa in particelle per metro cubo, è sottoposta a errori introdotti nelle seguenti fasi operative:

- a) Conteggio al microscopio ottico delle particelle (numero di particelle, specificità della misura e
- b) Calcolo della concentrazione atmosferica (numero di particelle, rapporto superficie esaminata).

Entrambe concorrono nell'accuratezza (dipende dal numero di linee di lettura e della densità delle particelle dello stesso tipo). Si può, infine, notare che "la specificità della misura dipende dalla capacità dell'operatore di riconoscere i pollini e le spore. Assumendo che l'operatore sia perfettamente addestrato si considera specificità al 100%".

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Riferimenti bibliografici di Tristano Leoni

- UNI EN 14735:2005 Characterisation of waste – Preparation of waste samples for ecotoxicity tests.
- ISO/CD 20664 (2001) Water quality – Determination of chronic toxicity to *Daphnia magna* Strauss in 7 days – Simplified population growth inhibition test.
- APAT CNR IRSA Met 8020 Man 29-2003 *Metodi di valutazione della tossicità con Daphnia* 2003: 993-1001.
- ISO 8692:2004 Water quality – Freshwater algal growth inhibition test with unicellular green algae.
- APAT CNR IRSA Met 9010 Man 29-2003 Indice biotico esteso (I.B.E.).
- Sbrilli G., Lanciotti E. (2005) *Utilizzo della prova di crescita algale nel controllo ecotossicologico dei corpi idrici*. Atti 2° Convegno Nazionale Ecotossicologia. Torino 2005 p. 147 – 150
- Sbrilli G., (2000) I saggi tossicologici nella normativa per il controllo delle acque. *Biologia Ambientale* 14(2):29-36, 2000
- Corradetti E., Leoni T., Reggiani C., Tombolesi P., (2004) *Caratterizzazione di areali dei bacini del Foglia, Misa, Chienti e Tronto attraverso l'utilizzo dei sedimenti: profili chimici, microbiologici e tossicologici*
- Leoni T., Liuti L., Sarcina S. (2002) *Approccio ecotossicologico alla valutazione della qualità dei sedimenti fluviali mediante una batteria di saggi biologici e confronto con i valori assunti dall'indice biotico esteso (IBE) nelle varie stazioni di campionamento*. Atti congresso "Progresso scientifico, Etica, Tutela delle risorse: sfide professionali del terzo Millennio" Umago 3 – 6 ottobre 2002 p. 106
- Persoone G. (2001) Ostracodtoxkit F *Chronic direct contact toxicity test for freshwater sediments: standard operational procedure* (Belgium) 30 p.
- Lanciotti E., Bechini A., Lorini C., Caramelli G., Corsini A. (2002) *Caratterizzazione ecotossicologica del sedimento dell'area umida Padule di Fucecchio (Pt) mediante ostracode e un test di fitotossicità*. Atti 2° Convegno Nazionale Ecotossicologia Torino 2005 p. 143-147
- Walker R.A., Hancock J.W. (1989) Response of eggs of *Heterocypris incongruens* to experimental stress. *Journal of Crustacean Biology* vol.9 n. 3 pp 381-386.
- Borgmann U., Norwood W.P., Reynoldson T.B., and Rosa F., Identifying cause in sediment assessment: bioavailability and the Sediment Quality Triad. *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 58 (5:950-960) 2001
- Chapman P.M., Power E.A., Burton G.A., *Integrative assessment in aquatic ecosystem*. Lewis Publishers, Boca Raton Florida (1992) p.313-340
- Bay, S., W. Berry, P. Chapman, R. Fairey, T. Gries, E.R. Long, D. McDonald and S.B. Weisberg. 2007. Evaluating consistency of best professional judgment in the application of a multiple lines of evidence sediment quality triad. *Integrated Environmental Assessment and Management* 3:491-497

Riferimenti bibliografici di Bona Griselli

- ANPA 2000a. *Analisi di Rischio Ecologico per il risanamento dei siti contaminati. Quadro internazionale e sviluppo di linee guida in ambito nazionale*, 1/2002, 105 pp.
- ANPA, 2000b. Indicatori e indici ecotossicologici e biologici applicati al suolo. RTI CTN_SSC 3/2000: 45 pp.
- APAT, 2002, *Proposta di Guida tecnica su metodi di analisi per il suolo e i siti contaminati. Utilizzo di indicatori biologici ed ecotossicologici*. RTI CTN_SSC 2/2002: 135 pp.
- APAT, 2004, *Proposta di Guida tecnica su metodi di analisi per il suolo e i siti contaminati, utilizzo di indicatori ecotossicologico e biologici*. RTI CTN_TES 1/2004: 163 pp.
- Angelini P., Bottino A., Cirio M., 2002. Qualità biologica del suolo. In: ARPA Piemonte, *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, ottobre 2002: 144-148.
- Angelini P., Fenoglio S., Isaia M., Jacomini C., Migliorini M., Morisi A., 2002. *Tecniche di biomonitoraggio della qualità del suolo*. ARPA Piemonte, ottobre 2002: 106 pp.
- Bari A., Fantone D., Fassina S., Bottino A., 2005. Biodiversità della comunità edafica in suoli sottoposti a diverse tipologie d'impatto. In: ARPA Piemonte, *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, ottobre 2005: 117.
- Bongers T., 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83: 14-19.
- Bottino A., Cirio M., Fabietti G., 2003. Qualità biologica del suolo. In: ARPA Piemonte, *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, ottobre 2003: 117-121.
- Bottino A., Cirio M., 2004. Qualità biologica del suolo. In: ARPA Piemonte, *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, ottobre 2004: 130-131.
- CTN SSC, 2001. Elementi di progettazione della rete di monitoraggio nazionale. In: ARPA Piemonte, *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, novembre 2001, 86-88.
- CTN TES, 2004. *Elementi di progettazione della rete nazionale di monitoraggio del suolo a fini ambientali. Versione aggiornata sulla base delle indicazioni contenute nella Strategia Tematica del Suolo dell'Unione Europea*. CTN_TES 2003 – TES-T-MAN-03-02, ottobre 2004: pp. 65 + 70 All.
- Dufrene M., Legendre P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Fantone D., Bari A., Imprimo G., Fassina S., Converso C., Bottino A., 2005. *Monitoraggio della struttura della comunità edafica in suoli sottoposti a diverse tipologie di impatto*. CTN_NEB task 07.02.04b, Rapporto APAT 2005.
- Giordano P., 2003. L'indice QBS-ar per l'analisi della qualità ambientale del suolo: applicazione in alcuni suoli agricoli della pianura canavesana. Tesi di laurea, Università di Torino 10/2003.
- Griselli B., 2005. Qualità biologica del suolo mediante lo studio dei popolamenti di microartropodi. In: ARPA Piemonte, *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, ottobre 2005: 114-116.

Griselli B., 2006. Qualità biologica dei suoli in funzione della tipologia d'uso. In: ARPA Piemonte, *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, ottobre 2006: 238-242.

Griselli B., 2007. Qualità biologica del suolo, tipologie d'uso e classi pedologiche. In: ARPA Piemonte, *Rapporto sullo stato dell'ambiente in Piemonte*, ottobre 2007: 283-286.

Guiotto C., Piacentini L., Griselli B., Pollici E., Facondini L., Protto M., Facibeni G., Pavese G., Cossa G., Rossanigo P., 2007. *Applicazione del test di fitotossicità su suoli di un sito contaminato del Piemonte*. Atti 7° workshop Fitotox - I.S.E. - C.N.R., Milano 10 maggio 2007.

Parisi V., 2001. La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi. *Acta Naturalia de "L'Ateneo Parmense"* 37 (3 /4): 97-106.

Riferimenti bibliografici di Elena Gottardini

Gottardini E, Cristofolini F, Ferretti M, Paoletti, E., 2003. *Protocollo sperimentale per la verifica dell'utilizzabilità dei pollini nel monitoraggio degli effetti degli inquinanti atmosferici*. APAT CTN-ACE TK06.08.03b (ACE-T-LGU-03-XX-RQ1): 43.

Gottardini E, Cristofori A., Cristofolini F, Maccheroni S., Ferretti M., 2008, Ambient levels of Nitrogen dioxide (NO₂) may reduce pollen viability in Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) trees - correlative evidence from a field study. *Science of the Total Environment* 402: 299-305.

Riferimenti bibliografici di Marco Ferretti

Fattorini L., 2009. Sampling errors in environmental surveys: genesis, management and estimation. In: Ferretti M., Brunialti G., Chiarucci A., Giordani P., Gottardini E, Perotti M. (Eds.), 2008. *Quality Assurance nei dati ambientali. Quanto sono affidabili i dati di monitoraggio ai fini della gestione delle risorse naturali?* Books of Abstract and Presentations of the *workshop* held in Siena, 7 Marzo 2008. FEM-IASMA, San Michele all'Adige: 17-25.

Ferretti M. (Ed.), 2009. Quality Assurance in Ecological Monitoring. *Journal of Environmental Monitoring*, in press

Legg C., Nagy L., 2006. Why most conservation monitoring is, but need not be, a waste of time. *Journal of Environmental Management* 78: 194-199.

Peterman R.M., 1990. The importance of reporting statistical power: the forest decline and acidic deposition example. *Ecology* 71: 2024-2027.

CONCLUSIONI

Con l'istituzione di questi *workshop* si è cercato di dare risposte concrete alle svariate richieste provenienti, per gran parte, dal Sistema Agenziale (ARPA/APP) nei confronti di tematiche riguardanti l'ecotossicologia e i bioindicatori. Tali domande erano dettate sia dalla mancanza di direttive legislative, e ciò per lo più nell'ambito dello studio dell'aria e del suolo, e sia, nel caso della matrice acqua, di un maggiore utilizzo delle conoscenze e delle tecniche analitiche. In sostanza, le richieste sembravano essere tra loro in antitesi, ma per la verità erano tra loro conseguenti. Per gli studiosi del suolo e dell'aria si rivendicava la mancanza di una legislazione che potesse raccogliere tutte le conoscenze disponibili, mettendole al servizio delle tecniche per il controllo; gli esperti della matrice acqua rivendicavano, invece, una maggiore attenzione, da parte della classe politica/legislativa, in quanto la matrice acqua aveva sì normative legislative già consolidate, sia a livello comunitario che nazionale, che però mancavano di un chiaro ed esplicito indirizzo applicativo ecotossicologico.

Il primo incontro, organizzato in due giornate (16 e 17 gennaio 2008), è stato incentrato su tematiche generali per le tre matrici e ha avuto lo scopo di evidenziare lo stato dell'arte di ognuna, sia dal punto di vista normativo, che tecnico/applicativo. Al termine di questo primo evento, è stato richiesto, dai partecipanti, di avere la possibilità di nuovi incontri, incentrati su una singola matrice, tendenti a chiarire più profondamente mancanze e richieste, sia in ambito legislativo che tecnico.

Al primo incontro hanno, quindi, fatto seguito tre incontri: il 22 maggio 2008 (giornata internazionale della biodiversità, dedicata al tema Biodiversità ed Agricoltura) si è svolto il *workshop* per la matrice suolo; il 2 ottobre 2008 quello relativo alla matrice acqua; infine, il 3 marzo 2009, quello dell'aria.

Che cosa è emerso da questi incontri? Si può affermare, brevemente, che c'è innanzitutto una gran fermento e una forte attenzione verso l'ecotossicologia intesa come "scienza di salvaguardia dell'ambiente, della biodiversità e non per ultimo della salute". Gli argomenti trattati nei quattro *workshop* sono stati tutti di estremo interesse e hanno portato contributi sul lavoro non solo *in itinere* ma, soprattutto incentrato sulle prospettive future.

È stato, ad esempio, portato all'attenzione il tema de "il cambiamento del clima e della composizione dell'atmosfera", che è oggi di estrema attualità e sul quale ci si è interrogati sulle prospettive tecniche di biorilevamento. Si può aggiungere che la presenza di "inquinanti" nelle tre matrici rimane ancor oggi uno dei maggiori problemi nello studio e nella salvaguardia dell'ambiente. Su questi ed altri temi sono emerse indicazioni che auspicabilmente dovranno avere un ulteriore approfondimento negli anni futuri.

Ringrazio tutti i relatori che hanno partecipato, per la cortesia mostrata nell'accettare l'invito e per l'alta professionalità con la quale hanno svolto il compito.

Un ringraziamento particolare va al Dott. Paolo Gasparri, Dirigente del Servizio Tutela della Biodiversità di ISPRA e al Dott. Andrea Todisco, Direttore del Dipartimento Difesa della Natura di ISPRA, i quali sono stati parte attiva nello svolgimento del lavoro.

Alfonso Sbalchiero

La nuova politica europea mira alla protezione globale ed alla gestione integrata dell'ambiente. È necessario, quindi, selezionare gli indicatori più idonei alle diverse problematiche ambientali, armonizzare i protocolli ed allestire appositi circuiti d'interconfronto.

Il quadro normativo nazionale di riferimento, al momento, non prende in esame gli aspetti biologici ed ecotossicologici nelle analisi e nei monitoraggi ambientali, soprattutto per quanto riguarda le matrici suolo ed aria, nonostante l'Italia sia all'avanguardia nello sviluppo delle metodiche biologiche ed ecotossicologiche e il nostro Paese non abbia uguali in Europa per diversità di ambienti e numero di specie.