

***INTRODUZIONE ALLA BRIOLOGIA E AL  
BIOMONITORAGGIO AMBIENTALE.***

AGR0312

CdL Scienze Forestali ed Ambientali

A.A. 2022/23

Docente: Prof. C. Colacino (SAFE)



*Biomonitoraggio  
considerazioni  
e un esempio*

La nostra legislazione, in accordo con le direttive dell'UE, prevede:

(a) valori limite di emissione per molte sostanze e quindi controlli alla fonte sulle emissioni, che vengono presunte in base alla tipologia del processo produttivo coinvolto.

(b) un controllo tramite centraline della «qualità dell'aria»: vengono misurate in continuo le concentrazioni di alcuni inquinanti aerodiffusi persistenti (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e ozono, il PM<sub>10</sub> su base ponderale) l'inquinamento viene quindi espresso in termini di concentrazioni relative ai singoli inquinanti, in riferimento a valori-soglia arbitrariamente fissati.

Di fatto con questo approccio è impossibile effettuare il controllo stringente degli stessi inquinanti «generalisti» su vaste aree basato su un'alta densità di punti di campionamento.

Questo problema può in parte essere ovviato dall'applicazione di tecniche di modellazione, con il problema legato alla validazione dei modelli stessi.

Nell'ambiente vengono immesse centinaia di sostanze xenobiotiche o comunque potenzialmente dannose, del cui destino si sa poco o nulla.

Scarseggiano o mancano del tutto dati sul destino di molti contaminanti, immessi nell'ambiente in genere a basse concentrazioni e presumibilmente sotto i limiti di emissione previsti per legge, come ad esempio **metalli pesanti, idrocarburi policiclici aromatici, diossine, furani, nanomateriali di nuova generazione** etc. che possono essere nocivi anche a concentrazioni estremamente ridotte.

Queste sostanze, insieme a molte altre, comprese quelle «generaliste», possono esercitare sulla componente biotica e abiotica effetti

- INDIPENDENTI (“ognuna per sé”);
- ANTAGONISTI (“si annullano a vicenda”);
- SINERGICI (“si sommano, quando addirittura non si amplificano”)

Il BIOMONITORAGGIO, che si affianca ed integra al monitoraggio convenzionale su base chimica o chimico-fisica, consiste nella misura degli effetti delle sostanze inquinanti, dati dalle risposte manifestate da particolari componenti viventi degli ecosistemi, che si dimostrano particolarmente sensibili alle variazioni ambientali.

*«The application of biological monitoring based on organisms provides an essential adjunct to instrumental recording.»*

Il termine “**biomonitoraggio**” è stato introdotto dalla **Medicina del lavoro** per definire la misura diretta di elementi, composti chimici tossici o loro metaboliti nel corpo umano, ad esempio in fluidi corporei come il sangue, le urine, la saliva, il liquido spermatico, i capelli o il latte.

Nella valutazione del rischio sanitario questo approccio permette di conoscere i reali livelli di sostanze cui il singolo soggetto è potenzialmente esposto, migliorando significativamente la ricerca epidemiologica.

Ha fatto scuola il *Center for Disease Control and Prevention* (CDC) degli U.S.A., che pubblica un report biennale “*on Human Exposure to Environmental Chemicals*”, basato su un campione statisticamente rappresentativo della popolazione di quel Paese, in base ad un programma iniziato nel **1976 su piombo e alcuni pesticidi**.



Ora il termine biomonitoraggio ha una accezione più ampia. Esso indica l'insieme delle metodologie che utilizzano comunità di organismi, singole specie o loro processi metabolici che sono reattivi nei confronti degli inquinanti, per trarre informazioni sullo stato dell'ambiente, in particolare per stimare possibili deviazioni da valori «normali» o di background.

Il biomonitoraggio permette di stimare gli effetti biologici dell'inquinamento nel tempo (monitoraggio di tendenza); cioè dà informazioni più generali sullo stato di salute dell'ambiente valutando i danni subiti da organismi-bersaglio presenti nell'area di studio o appositamente introdotti.

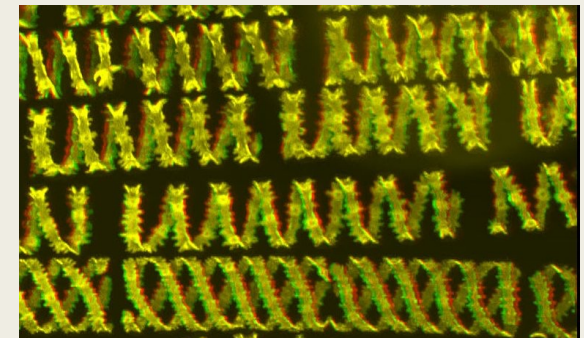
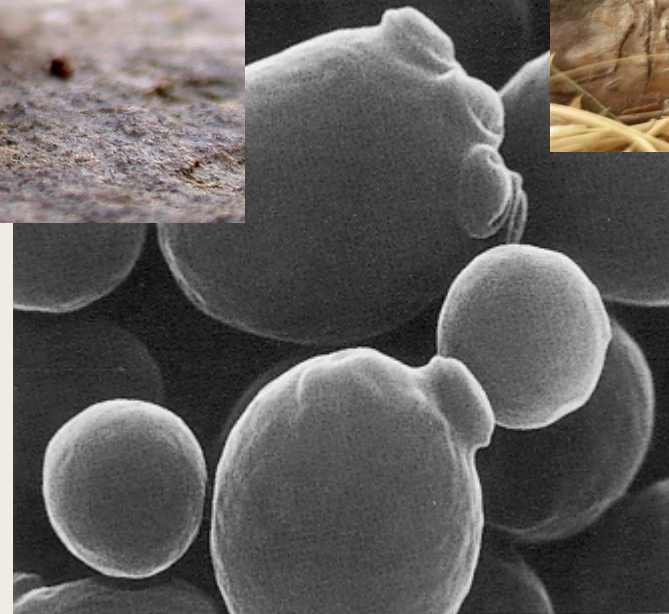
Rispetto alle tecniche tradizionali realizzate con centraline mobili o fisse, il biomonitoraggio presenta diversi vantaggi:

- costi di gestione generalmente limitati (per materiali e allestimento);
- possibilità di studiare i cambiamenti sia nel tempo che nello spazio;
- possibilità di avere, con relativa facilità e rapidità, una adeguata copertura del territorio, anche in termini di densità di campionamento statistico;
- stima degli effetti combinati di più inquinanti sugli esseri viventi.

In questo caso la domanda non è primariamente «qual è la concentrazione della sostanza X?» ma piuttosto «si osservano effetti sulla componente vivente? Quanto sono gravi?», magari in connessione con la componente antropica.

Praticamente ogni organismo è in grado di dare informazioni sull'ambiente in cui vive, soprattutto se viene confrontato con altri (concetto della “nicchia ecologica” o iperspazio ecologico), ma soprattutto se viene “interrogato” nella giusta maniera.

Piante, lieviti, insetti, uccelli, lombrichi, molluschi, .... Sono tutti potenziali “**biomonitors**”...



Potenzialmente ogni organismo è un indicatore di qualità in quanto, per definizione, il fatto stesso di essere vivo dà delle informazioni sulla presenza di determinate condizioni favorevoli.

Fra tutti gli organismi, vi sono molti che hanno una fisiologia ed ecologia ancora sconosciuta e comunque troppo complessa, per i quali è difficile individuare una risposta riconducibile al fenomeno dell'inquinamento piuttosto che ad altre cause.

Il biomonitor ideale dovrebbe essere:

- ubiquitariamente presente;
- facilmente reperibile e facilmente individuabile;
- Stazionario e sempre disponibile;
- capace di reagire alla variazione ambientale, ma sufficientemente resistente agli stress ambientali.

Di fatto, si ricorre solitamente a intere categorie di organismi, perché le diverse specie hanno risposte specifiche.



Non deve stupire il fatto che un essere vivente possa essere una fonte di informazioni sull'ambiente.

Esso attua un continuo scambio di sostanze con l'ambiente che lo circonda: gas, acqua, minerali vengono trasformati in nuove sostanze che, rimesse in circolo a loro volta, saranno utilizzate da altri organismi.

Poiché nella biosfera sono presenti anche sostanze dannose, è evidente che gli organismi si trovano ad assumere assieme ai nutrienti sostanze non previste, che possono “lasciare il segno”.

Da un punto di vista operativo, si parla di

- **biomonitoraggio attivo**, quando i “biomonitors” vengono introdotti deliberatamente nel territorio da esaminare (sono quindi «**alloctoni**»);
- **biomonitoraggio passivo**, quando si sfruttano individui o popolamenti già presenti sul territorio (sono quindi «**autoctoni**»).

Nel primo caso si tratta di definire le condizioni standard di esposizione del materiale, quindi procedere con l'esposizione stessa; nel secondo caso in teoria il lavoro in campo può iniziare immediatamente, perché si tratta di raccogliere del materiale che è già disponibile in loco, e che è stato esposto alle condizioni ambientali per un tempo definibile in base al ciclo di vita dell'organismo-target.



In entrambi i casi riveste un ruolo particolarmente importante la scelta dei siti di campionamento/esposizione, che dovrebbe dipendere in primo luogo da precise strategie di campionamento atte a:

- (a) ottimizzare la copertura del territorio in esame;
- (b) minimizzare i fattori di disturbo;
- (c) ottimizzare il più possibile il rapporto costi/informazione.

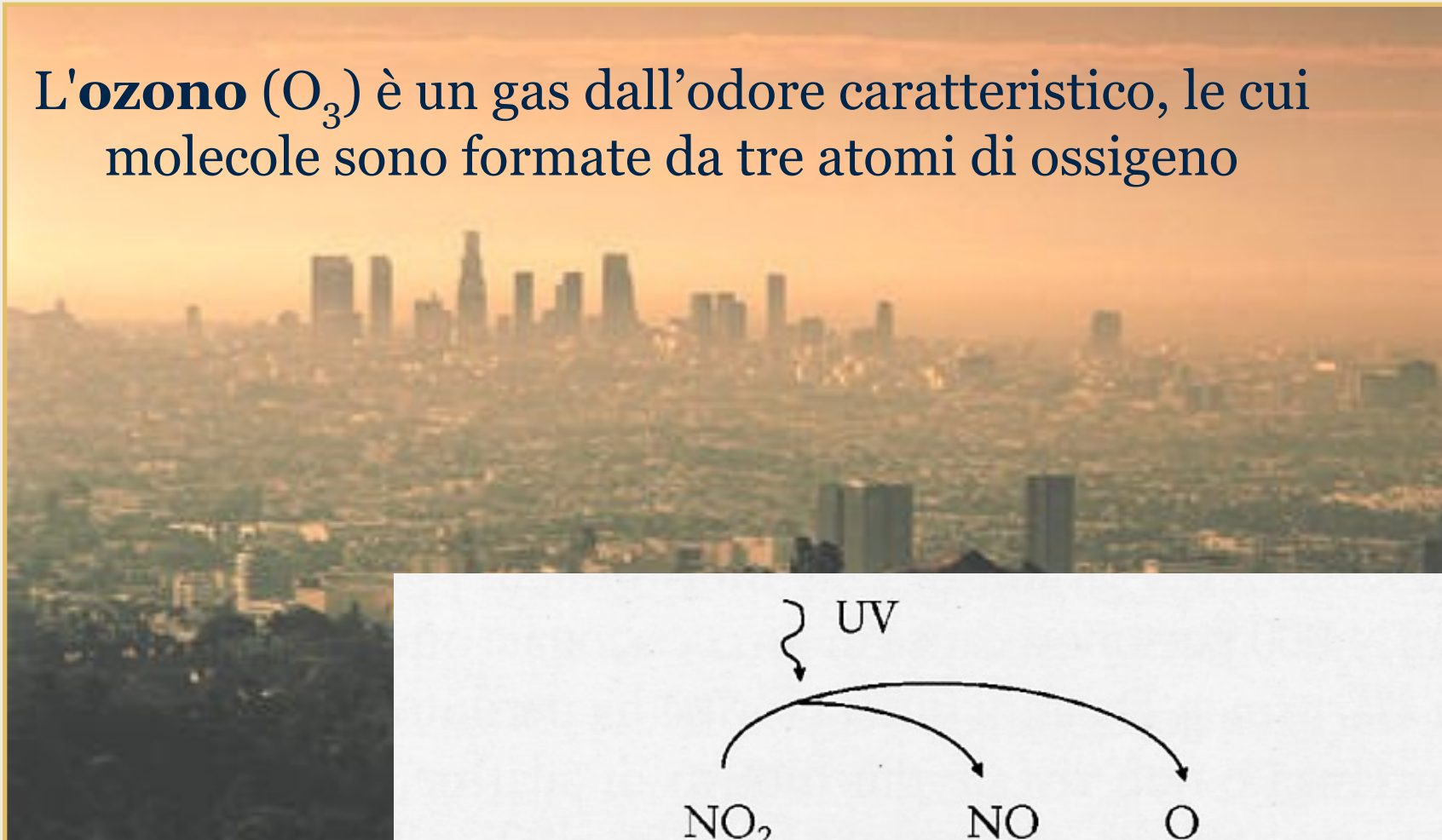
Si distinguono due tipi diversi di biomonitoring:

- i **BIOINDICATORI** hanno elevata sensibilità nei confronti della sostanza (o gruppo di sostanze) inquinante(i), e già in seguito ad esposizioni a basse dosi manifestano sintomi chiari e specifici facilmente quantificabili subendo variazioni evidenti nella fisiologia, nella morfologia o nella distribuzione di frequenza in seguito all'influsso delle sostanze presenti nell'ambiente;
- i **BIOACCUMULATORI** hanno elevata tolleranza e capacità di accumulo, immagazzinando l'inquinante (che deve avere caratteri di persistenza; in alternativa, si devono misurare i suoi derivati stabili), spesso senza evidenziare sintomi; in questo caso, la concentrazione della sostanza misurata nell'organismo dovrebbe riflettere quella ambientale.

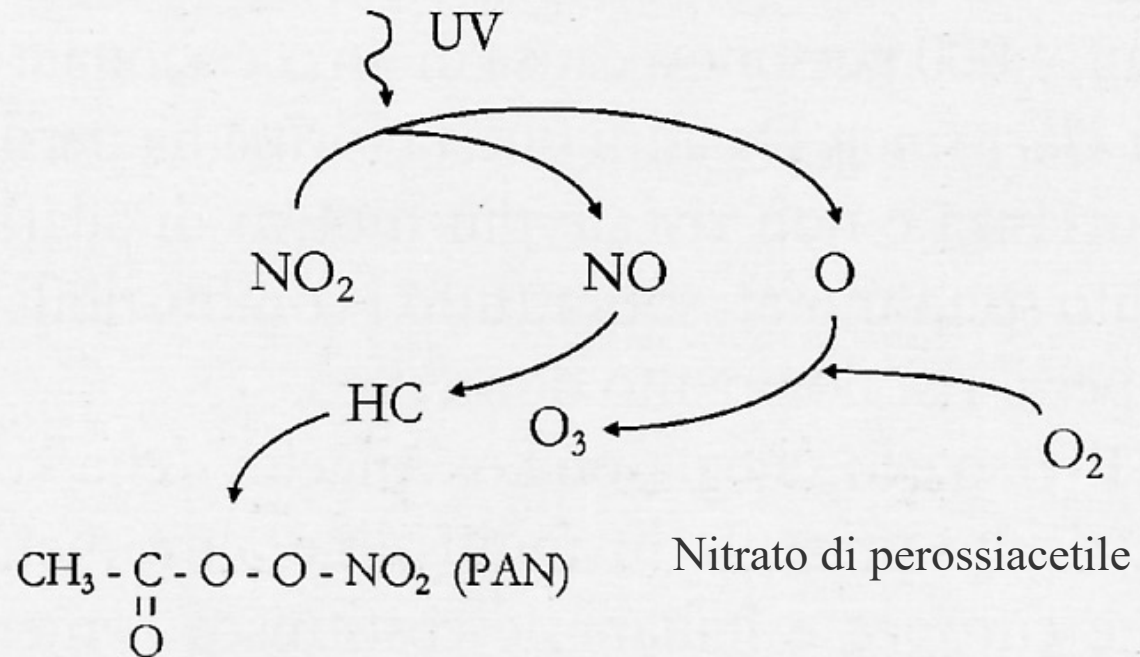
*Un esempio*

*l'ozono*

L'ozono ( $O_3$ ) è un gas dall'odore caratteristico, le cui molecole sono formate da tre atomi di ossigeno



Lo scopritore di questo gas fu  
L'ozono (dal greco *ozein*, "zuccherare")  
alcuni fulmini, così come  
esperimenti di elettrolisi



Il monitoraggio tradizionale dell'ozono trova dei limiti in:

- natura stessa di questo inquinante che è di origine secondaria;
- dislocazione non ottimale delle centraline;
- necessità di conoscere lo stato ambientale anche in zone prossimo-naturali dove eventualmente l'ozono può essere presente a concentrazioni insospettabilmente elevate.

# I danni da ozono nel mondo vegetale

Variazioni anatomiche, biochimiche e fisiologiche, caratteristiche dei naturali processi di invecchiamento della pianta

**Sintomi:** Clorosi, necrosi ed abscissione fogliare

**Effetti  
subliminali:**

Diminuzione dell'attività fotosintetica, riduzione della produttività e dello sviluppo, senescenza precoce

## “Sindrome da *stress* da ozono”

Quadro sintomatico  
tipico dei naturali processi  
di senescenza delle piante



**Ozono accelera la senescenza**

1952

**PLANT PHYSIOLOGY**

VOLUME 27

JANUARY, 1952

NUMBER 1

INVESTIGATION ON INJURY TO PLANTS FROM AIR POLLUTION  
IN THE LOS ANGELES AREA

A. J. HAAGEN-SMIT, ELLIS F. DARLEY, MILTON ZAITLIN,  
HERBERT HULL AND WILFRED NOBLE

(WITH THREE FIGURES)

Received July 24, 1951

**Introduction**

The remarkable increase in population and number of industries in the Los Angeles area since 1940 has given rise to a serious problem of air pollution known as smog. Leaf injury to plants, particularly leafy vegetable crops, was first noted in 1944 and has increased in severity since then.