

# Editoriale

“Nessuna teoria è buona tranne se la usiamo per spingerci oltre”, diceva André Gide. È questo il proposito che ci siamo assunti quando abbiamo raccolto la sfida – impegnativa quante altre mai – di realizzare una rivista scientifica sulla salute dell’Uomo. Una rivista capace di guardare oltre le frontiere di un sapere già acquisito e anche, per questo, poco fruibile perché ripetitivo e stantio. “Antropologia della salute” ha invece privilegiato l’ottica del paradosso, nel suo esatto e primitivo significato dell’andare contro l’opinione corrente che, molto spesso, è falsa e fuorviante. D’altra parte Eraclito non sosteneva tranquillamente, ventisei secoli fa, che la maggior parte degli Uomini, ancorché consapevoli di un logos, di una ragione comune, “vivono come se avessero una loro propria e particolare saggezza”? Ossia secondo la propria personale visione del mondo. Versione greca della celebre massima dello scrittore latino del II secolo a. C. Terenzio Afro: “*Quot homines tot sententiae*”, come dire quanti uomini tanti pareri.

Nella breve esperienza della nostra rivista, e soprattutto in considerazione degli apporti di discipline molto diverse – tutte comunque, direttamente od indirettamente collegate alla condizione umana – abbiamo fatto tesoro di questi insegnamenti. E ci siamo viepiù convinti di quante opinioni, spacciate per verità universali ed eterne, e quindi intangibili, si aggirano nella dimensione del sapere. Spesso motivate – e quindi espresse – da ragioni che nulla hanno a che fare con la scienza ma, semplicemente, con interessi, più o meno palesi, di bottega. Non di rado di bassa bottega.

Ecco allora l’operazione che intende condurre “Antropologia della salute”. Proporre una ricerca e, conseguentemente un fecondo confronto di idee, intorno a tematiche talora scomode, eppure, anche per questo, non trascurabili dalla (seria) investigazione scientifica. Anche per tali motivi proponiamo, in questo numero, il lavoro di Enrico Facco, anestesioologo dell’Università di Padova, e quindi perfettamente a dentro al problema, che affronta la spinosa questione delle esperienze di pre-morte. Ed anche per questo pubblichiamo, volentieri, il saggio del giovane filosofo Paolo Poma che tratta, da un punto di vista sicuramente non consueto, il tema della corporeità e della sua precarietà. Una precarietà che Maurizio Biffoni ripercorre attraverso la coscienza ed i tanti interrogativi – largamente irrisolti – che essa quotidianamente pone alle neuroscienze.

Ovviamente la matrice antropologica della nostra rivista non poteva non essere rappresentata. Ed ecco il saggio di Carmen Innocenti, Brunetto Chiarelli e Marcello Andriola sulla “Evoluzione delle pelvi” nel quale si ripercorre un’in-

teressante teoria che individua nella specie umana la scelta evolutiva di un cranio relativamente piccolo, ma con un cervello comunque grande da consentire la sopravvivenza, seppure in assenza di uno sviluppo completo. Questo perché il bipedismo dell'*Homo erectus* avrebbe impedito nella femmina la formazione di anche troppo larghe, che ne avrebbero altrimenti fortemente condizionato la mobilità.

Il terzo tema, sempre legato alla condizione umana, affrontato in questo numero è quello, specifico, della salute. Dalla questione, ormai diventata, nei paesi ricchi, una vera e propria emergenza sociale, dell'eccesso ponderale, argomento trattato da Pancrazio Amato, Giuliana Natale e Amelia de Lucia, con riferimento ad una specifica area della Puglia. Alle strategie per la salute e il benessere somatopsichico illustrate da Aldo Frandi, che propone una serie di tecniche capaci di produrre abitudini alternative a quelle correnti e ripetitive, tecniche che, incidendo sui processi mentali, finiscono per cambiarne, nel senso desiderato dall'agente, i comportamenti. Infine, e sempre per restare nell'ambito della dimensione salute, il saggio di Silvano Focardi, già rettore dell'Università di Siena, che ricostruisce, con taglio scientifico, semplice e rigoroso nella propria essenziale chiarezza, la lunga vicenda dei processi di inquinamento umano e dei rischi che, per questo, corre la nostra specie.

Insomma un'altra sfida (intellettuale) è stata affrontata. Ignoriamo se è stata anche vinta, e lasciamo questa valutazione ai nostri lettori che, lo diciamo non senza un pizzico di orgoglio, stanno crescendo di numero e, ci pare, anche di qualità.

Il Direttore

# Prefazione

Lo sviluppo demografico dei paesi tecnologicamente avanzati è notevolmente differente da quello dei paesi emergenti o in via di sviluppo. Per quanto riguarda la costa mediterranea, l'indice di fertilità nel sud è di 5/6 figli per donna, mentre al nord l'indice è di meno di 2 figli per donna (l'Italia ha l'indice più basso: 1.26 figli per donna).

Le differenze sono in gran parte determinate dalle tradizioni religiose e culturali, dallo status sociale delle donne e dal loro livello di educazione e di partecipazione al mondo del lavoro. Questi fattori determinano l'età del matrimonio e l'uso di contraccettivi. Recenti ricerche sembrano indicare un'inversione di tendenza: in Marocco dal 1980 al 1992 la fertilità è diminuita del 31%, in Turchia del 21% dal 1978 al 1988. Questi dati rivelano che il contributo delle donne alla rivoluzione nella riproduzione è rilevante poiché la maggior parte delle variazioni degli indici di fertilità dipende dalla diffusione della contraccezione e da una aumentata età del matrimonio quale risultato di accresciute opportunità di educazione e lavoro per le donne. È dunque possibile che anche nei paesi meno sviluppati le donne si stiano trasformando da oggetti sessuali a soggetti consapevoli delle scelte riproduttive. In questo senso, stanno rallentando l'esplosione demografica. Ma con quale estensione le credenze religiose, le tradizioni culturali e gli status sociali influenzano ancora la conoscenza delle donne della pianificazione familiare?

Per comprendere l'influenza di tali fattori, è utile sviluppare ricerche comparative tra le popolazioni delle opposte coste dell'Adriatico. Sebbene geograficamente vicine, sono profondamente differenti sotto gli aspetti culturale e religioso. La costa italiana è omogeneamente influenzata dalla cultura cristiana e cattolica; la costa opposta dell'Adriatico (Croazia, Albania e Grecia) è stata, e continua ad essere, fortemente influenzata dalle culture islamica, cristiana-ortodossa e marxista. Come e quanto tali differenze culturali e religiose condizionano le scelte riproduttive di questi due gruppi di donne che sono separate solo da un centinaio di chilometri d'acqua?

Quanto il comunismo da una parte ed il consumismo dall'altra hanno agito su queste scelte? Per quanto continueranno a farlo? Quali variazioni sopravvengono in tali scelte, ad esempio in Albania, con la caduta del comunismo e l'esposizione alla cultura occidentale?

La questione demografica è centrale nell'ambito dell'ecologia, per via della pressione antropica sull'ambiente naturale (la popolazione mondiale ha

superato nel 2000 i 6 miliardi di persone e le previsioni indicano un incremento a 12,5 miliardi per il 2050 e a oltre 20 miliardi nel secolo successivo, in assenza di strategie adeguate come quelle proposte alla Conferenza sulla popolazione del Cairo del 1994). Non riducibile ad aspetti puramente quantitativi, coinvolge la condizione della donna e il ruolo della famiglia nella società, attraverso le strategie di controllo delle nascite e la pianificazione familiare nei paesi ad alto tasso di fertilità e impone di affrontare il problema dello sviluppo sostenibile e del contenimento dei consumi.

La demografia studia le popolazioni umane, ne considera alcune caratteristiche (dimensione, età, sesso, stato civile); ne segue le modificazioni causate dagli eventi naturali (nascite e morti) e dai flussi migratori. Ricorre quindi ad analisi di tipo sia statico che dinamico, che possono istituirsi solo in presenza di documentazione adeguata. In una parte del mondo contemporaneo, questa è fornita dai censimenti, dai registri di stato civile, dagli elenchi della popolazione residente. I dati che se ne desumono vengono elaborati con procedimenti statistici; per questo la demografia rappresenta un campo di applicazione di primaria importanza della statistica stessa. Rapportando i «dati di movimento» (nascite, morti, matrimoni, ecc.) alla consistenza della popolazione, si può calcolare il loro peso nel corso di unità temporali prefissate (in genere, l'anno). Conoscenze più raffinate si ottengono concentrando la ricerca su campioni di persone che vengono seguite in alcuni loro eventi demografici («analisi longitudinale»). Gli eventi che sono oggetto dell'analisi demografica posseggono un'indiscussa rilevanza. L'entità della popolazione, la sua tendenza alla crescita o al ristagno, la composizione per età, sesso e stato civile sono di importanza decisiva per l'organizzazione e l'ordine sociale. Per es., la struttura per età è una misura, sia pure rozza, del rapporto tra soggetti economici attivi e passivi, tra gente che produce e consuma e gente che consuma soltanto.

Così pure, la crescita abnorme e l'anomala composizione della popolazione sono strettamente collegate con i problemi di ordine sociale che affliggono alcune grandi metropoli. La ricerca demografica, sin dalla sua nascita nella seconda metà del sec. XVIII, offre immediate possibilità di applicazione pratica. Le sue capacità di previsione sono utilizzate da enti privati, dagli stati e dalle organizzazioni internazionali come supporto per la programmazione di servizi e di interventi. Particolarmente fecondo è stato lo sviluppo della demografia storica, che ha dilatato allo studio delle società del passato, soprattutto dell'Europa in età moderna, l'applicazione delle tecniche di analisi. I dati che si utilizzano sono quelli raccolti dai centri di potere dell'*ancien régime* per scopi non conoscitivi ma pratici. L'applicazione dell'analisi demografica al passato ha ampliato enormemente le possibilità di comparazione tra società diverse; in particolare, ha contribuito a mettere in luce il forte condizionamento che l'organizzazione sociale ha sempre esercitato sugli

eventi demografici, sfatando il mito di un mondo precapitalistico regolato da un regime demografico «naturale» che l'industrializzazione avrebbe infranto.

B. Chiarelli  
M. Andriola

# Inquinamento e salute dell'uomo

**Silvano Focardi**

Dipartimento di Scienze

Ambientali "G. Sarfatti"

Università degli Studi di Siena

Via Mattioli 4

53100 Siena

focardi@unisi.it

Innanzitutto occorre considerare che il problema dell'inquinamento, contrariamente a quanto si possa pensare, è un problema antico; le sue origini risalgono quasi certamente all'epoca protostorica, quando si costruirono le prime città e furono realizzati i canali di scolo per i rifiuti domestici. Da allora e per molti secoli le cause di inquinamento furono praticamente quelle legate alla contaminazione di acque superficiali o di falde freatiche ad opera di batteri patogeni o di sostanze fermentate contenute nei rifiuti di origine domestica. Il problema si è via via aggravato in maniera esponenziale con l'avvento della cosiddetta "civilizzazione industriale", quando cioè alle cause antiche (aggravate da fattori di origine sociologica come l'urbanizzazione), se ne sono aggiunte delle nuove legate soprattutto alla produzione di energia e allo sviluppo della chimica organica di sintesi.

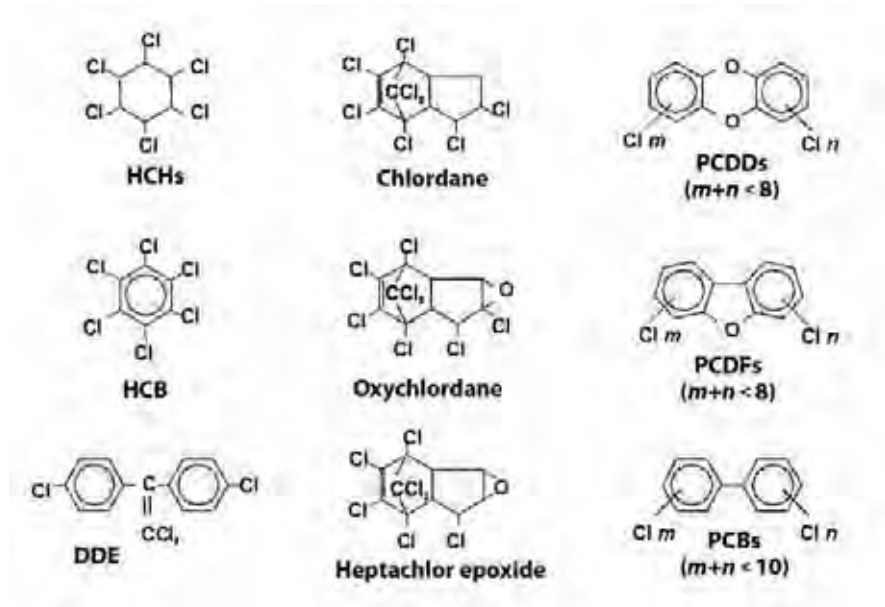
**Keywords:** POP (Persistent Organic Pollutants), PCB (policlorobifenili)

## **Introduzione: inquinamento e sue implicazioni ecologiche**

A partire dalla seconda guerra mondiale la chimica organica ha messo a disposizione dell'uomo decine di migliaia di nuove sostanze, allo scopo di apportare nuovi elementi di conforto alla vita quotidiana; possiamo citare le materie plastiche, i detersivi, i fertilizzanti, gli idrocarburi clorurati fra cui molti pesticidi, le diossine e i policlorobifenili (PCB).

Proprio al gruppo degli idrocarburi clorurati appartengono quei composti chiamati POP (Persistent Organic Pollutants) cui si fa riferimento in questo saggio. I POP ci possono dimostrare quanto sia subdolo ed estremamente complesso questo problema; alcuni di questi prodotti hanno contribuito a migliorare il tenore di vita dell'uomo eliminando gravi malattie (il DDT per la malaria) o permettendo una resa delle colture tale da rendere estremamente difficile rinunciare al loro impiego (diserbanti e insetticidi). Purtroppo caratteristica comune a tutti i trattamenti con pesticidi clorurati (come il DDT) è quella di utilizzare grandi quantità di principi attivi su vaste aree, facilitando la dispersione nell'ambiente di questi prodotti chimici. Ciò ha portato talvolta a clamorosi fenomeni di ricaduta, molti dei quali ancora oggi in atto, che hanno assunto, nel caso delle molecole più persistenti e dotate di sufficiente mobilità, dimensioni globali. Agli indiscussi effetti positivi ottenuti utilizzando questi prodotti chimici si sono, infatti, aggiunti fenomeni collaterali che talvolta sono sfociati in veri e propri disastri, colpendo l'ambiente e l'uomo che in esso vive.

Come esempio emblematico possiamo proprio considerare il DDT, che oggi è diventato un componente presente in ogni comparto ambientale e con il quale convivono ormai tutti gli organismi, uomo compreso. Questo POP ed il suo derivato principale (DDE) si ritrovano praticamente in tutti gli ecosistemi compresi quelli delle aree remote come l'Artide e l'Antartide. Il DDT è divenuto "famoso" in quanto è stato utilissimo all'uomo per molti anni. Il costo limitato ha fatto sì che esso venisse prodotto ed usato in enormi quantità su vaste aree: ed oggi si può capire perché agli indiscussi effetti positivi si sono aggiunti fenomeni collaterali che hanno portato a disastri ecologici. Nel caso del DDT, fu Ratcliffe che dimostrò la relazione fra le concentrazioni di insetticida presenti nelle uova di Falco Pellegrino e la fragilità del guscio con il conseguente incremento degli insuccessi riproduttivi. La rarefazione, fino alla scomparsa delle colonie della stessa specie negli Stati Uniti, è strettamente connessa all'assottigliamento del guscio verificatosi successivamente all'impiego del DDT.



**Fig.1** Alcuni POPs.

Per capire il perché della così ampia diffusione di queste sostanze estranee ai sistemi viventi (xenobiotici) occorre considerare vari fattori, e non solo la grande produzione e l'uso in quantità enormi. Se pensiamo ad esempio ai polichlorobifenili (PCB), un'indagine negli Stati Uniti rivela che fino al 1990 sarebbero stati immessi nell'ambiente 30 milioni di tonnellate di questi prodotti, e che almeno 4 milioni di tonnellate erano presenti negli ecosistemi. Per quanto riguarda gli erbicidi, si ritiene che ne vengano impiegate almeno 300.000 tonnellate ogni anno. Oltre alla larga produzione industriale e all'uso massiccio e larga immissione nell'ambiente, uno dei fattori che si stanno rilevando sempre più importanti è la mobilità, la capacità cioè di queste molecole di spostarsi dai luoghi di immissione nell'ambiente.

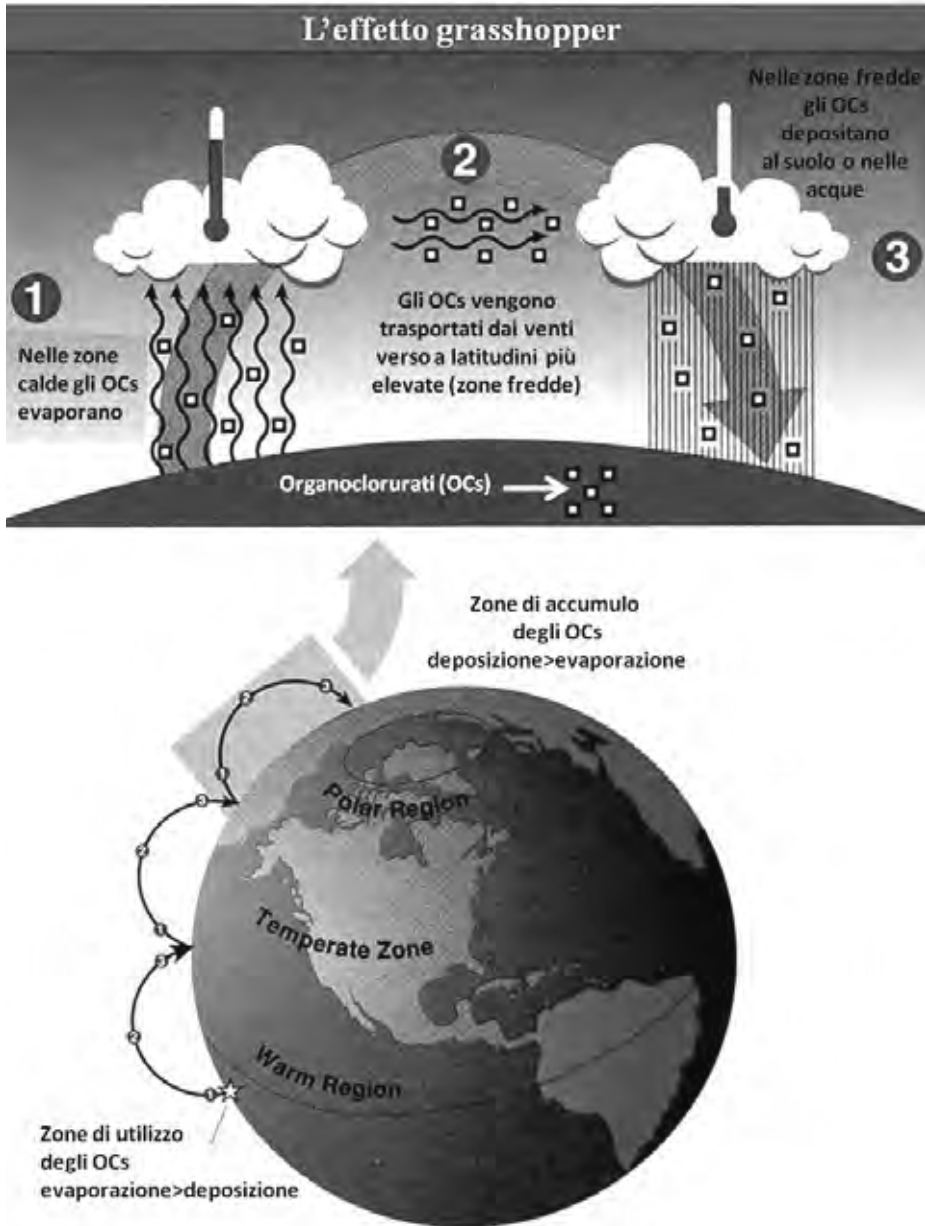
In effetti, la maggior parte delle sostanze liberate dall'uomo nell'ambiente non resta ferma nei luoghi di applicazione, ma si sposta coprendo anche distanze molto lontane. La circolazione nell'aria e nelle acque, la penetrazione nei suoli, le disperdono a poco a poco negli ecosistemi facendole diventare inquinanti su scala globale. È quindi ovvio che i movimenti atmosferici giocano un ruolo molto importante nella diffusione di queste molecole: la conoscenza delle correnti ascendenti e dei venti è pertanto fondamentale per conoscere anche il destino dei contaminanti.



In generale si può dire che i meccanismi di immissione di queste sostanze nell'ambiente dipendono dal loro uso. I PCB vengono spesso rilasciati in seguito a perdite di trasformatori e condensatori elettrici e dalle scariche. Una volta immessi nell'ambiente, questi composti possono muoversi per migliaia di chilometri dalla propria sorgente puntiforme; le loro proprietà chimico-fisiche ed i fattori climatici ne influenzano il trasporto con le massa d'aria, sotto forma di gas o di aerosol. In particolare, la volatilità e la tensione di vapore svolgono un ruolo molto importante nei fenomeni di dispersione di questi contaminanti nell'ambiente. Secondo Wania (1987), il processo di distribuzione dei vari contaminanti nell'atmosfera è temperatura-specifico, cioè l'atmosfera terrestre funzionerebbe come una raffineria gigante separando vari composti a differenti latitudini, a seconda delle temperature alle quali le diverse sostanze condensano. Infatti, le temperature elevate delle zone tropicali e subtropicali favoriscono i processi di evaporazione delle sostanze verso l'atmosfera, immettendole in un flusso di trasporto atmosferico su vasta scala. Al contrario, le temperature fredde delle alte latitudini favoriscono i processi di deposizione dall'atmosfera verso il suolo o l'acqua.

Il processo di migrazione di tali sostanze verso i poli comporta una serie di "salti" ("Grasshopper effect") determinati da successive evaporazioni e condensazioni, che sono funzione delle proprietà partitive della sostanza e della temperatura. Il processo è paragonabile ad un meccanismo di separazione gascromatografica nel quale una miscela di sostanze organiche attraversa una colonna di matrice adsorbente veicolata da un gas di trasporto; le diverse sostanze che compongono la miscela si muovono lungo la colonna con diversa velocità in funzione delle rispettive proprietà partitive. Su scala globale, il suolo agisce come una matrice adsorbente e la troposfera come gas di trasporto (Wania e Mackay, 1996). I processi di volatilizzazione si comportano, dunque, come un meccanismo di distillazione, con effetto diverso in funzione della volatilità delle sostanze. Composti di volatilità intermedia saranno soggetti a processi di trasporto più o meno ampi potendo raggiungere zone remote del pianeta. Invece, composti estremamente volatili potranno raggiungere gli strati alti dell'atmosfera e sfuggire a significativi meccanismi di ricondensazione.

1. I POPs sono trasportati dalle masse d'aria e di venti in aree a temperature più rigide;
2. Alle alte latitudini, dove l'aria è fredda, i POPs condensano e ricadono al suolo con le precipitazioni;
3. Il luogo di ricaduta dipende dalle proprietà chimico-fisiche della molecola (volatilità) e dalla temperatura.



**Fig. 2** Grasshopper effect

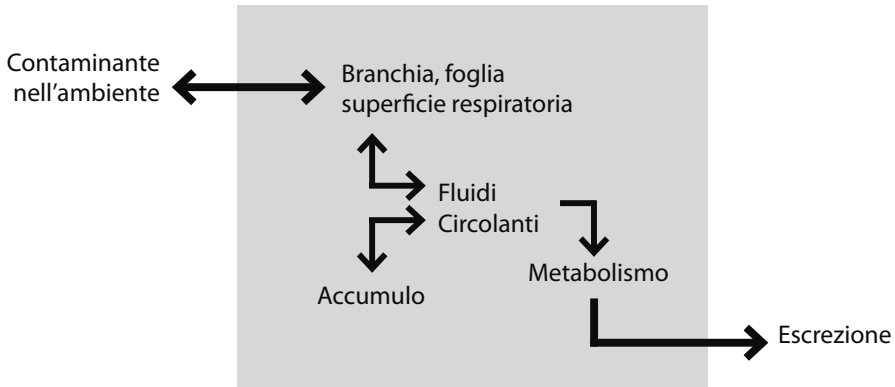
Il DDT, pur essendo caratterizzato da una relativamente bassa mobilità, può distribuirsi a livello globale in virtù del suo elevato tempo di permanenza nell'ambiente che ne permette la diffusione su vasta scala. Grazie a questi meccanismi, alcuni di tali contaminanti hanno raggiunto alti livelli di concentrazione nelle catene alimentari delle regioni polari, con un forte impatto anche sulle popolazioni umane. Numerosi studi hanno evidenziato la dipendenza delle popolazioni Inuit da diete basate essenzialmente sull'assunzione di foche, caribù, balene e pesci. Questo ha comportato, ad esempio, la presenza di concentrazioni alquanto elevate di diossine, PCB e di alcuni pesticidi organoclorurati nel latte materno, con conseguente assunzione di tali sostanze da parte di bambini appena nati (Bearce, 1997). La causa di queste elevate concentrazioni è dovuta al fatto che le regioni polari occupano una superficie quattro volte minore rispetto a quella delle zone tropicali e temperate. Inoltre, i meccanismi di decomposizione naturale avvengono molto più lentamente rispetto alle regioni più calde.

Spesso un meccanismo primario di demolizione ha luogo attraverso l'ossidazione con il radicale idrossilico altamente reattivo nell'atmosfera, ma l'idrossile è scarso nell'aria polare perché per la sua produzione è necessaria la radiazione solare. Questo fa sì che il tempo di permanenza di queste sostanze in ambienti più freddi come quello Artico sia maggiore rispetto a zone più calde dove i processi di degradazione avvengono più velocemente (Wania e Mackay, 1996). Dai numerosi studi compiuti fino ad oggi è emerso anche che la contaminazione dell'atmosfera e dei mari differisce nei due emisferi; l'emisfero settentrionale risulta, infatti, maggiormente contaminato rispetto a quello meridionale e, inoltre, alle medie latitudini si hanno concentrazioni maggiori di xenobiotici. Questo può essere facilmente spiegato se si tiene conto del fatto che i paesi industrializzati dell'Europa e dell'America settentrionale sono stati i maggiori produttori e utilizzatori di tali sostanze dopo la seconda guerra mondiale (Tanabe *et al.*, 1986).

Le ripartizioni e le dispersioni dei contaminanti nella biosfera non sono guidate solo da fattori abiotici; esistono anche fenomeni di metabolizzazione e di accumulo da parte degli organismi che rendono talvolta questi composti estremamente pericolosi per la vita.

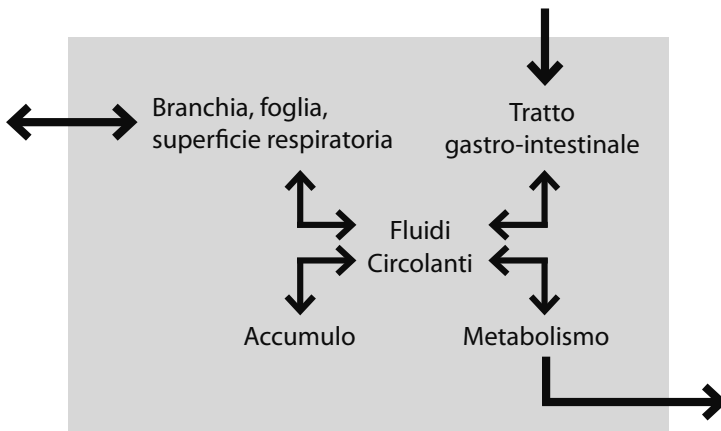
### **Bioconcentrazione, bioaccumulo e biomagnificazione**

Sono questi i tre processi che portano a far sì che molti POPs si ritrovino in concentrazioni elevate in alcuni livelli della catena alimentare. Il primo processo, bioconcentrazione (fig.3), esprime praticamente il passaggio di molecole (anche quindi POPs) dall'ambiente agli organismi attraverso varie porte d'ingresso, rappresentate dai punti di contatto degli epitelii (o delle barriere) degli organismi stessi.



**Fig. 3** Bioconcentrazione: organismi come concentratori di sostanze in tracce, durante i processi di scambio di materia ed energia con l'ambiente circostante.

La bioconcentrazione può essere valutata mediante il BCF (BioConcentration Factor, fattore di bioconcentrazione), che esprime il fattore di arricchimento. Organismo/acqua o organismo/aria conseguente a fenomeni reversibili di scambio per via respiratoria. Il passaggio successivo, bioaccumulo (fig.4), è un processo che considera anche il fenomeno dell'alimentazione, determinante in molti casi per l'assunzione e la ritenzione dei contaminanti da parte dell'organismo.

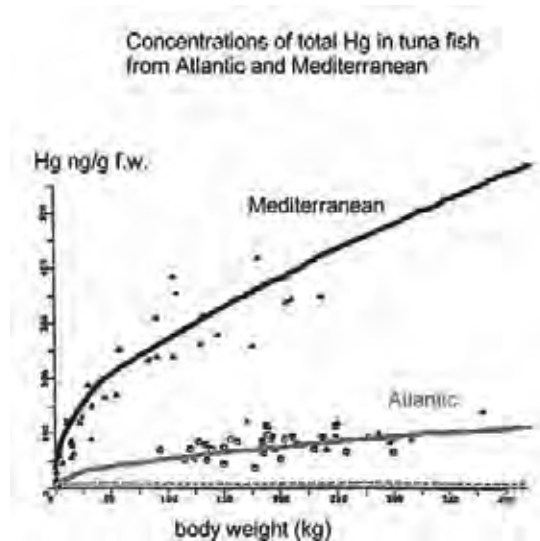


**Fig. 4** Bioaccumulo: arricchimento di una sostanza negli organismi viventi per qualunque via (respirazione, ingestione cibo, contatto).

Il bioaccumulo comporta un aumento delle concentrazioni dei contaminanti nel tempo, che corrisponde anche ad un aumento con l'età dell'organismo stesso: per effetto di tale processo si ritrovano quindi concentrazioni elevate in

una specie, in dipendenza del livello di contaminazione del suo alimento. Tali concentrazioni sono diverse da individuo a individuo in funzione dell'età.

Uno dei fenomeni per primo descritto nel Mediterraneo è quello delle elevate concentrazioni nei tonni di questo bacino, rispetto a quelle rilevate nei tonni dell'Atlantico, come si può osservare nella figura successiva (fig.5).

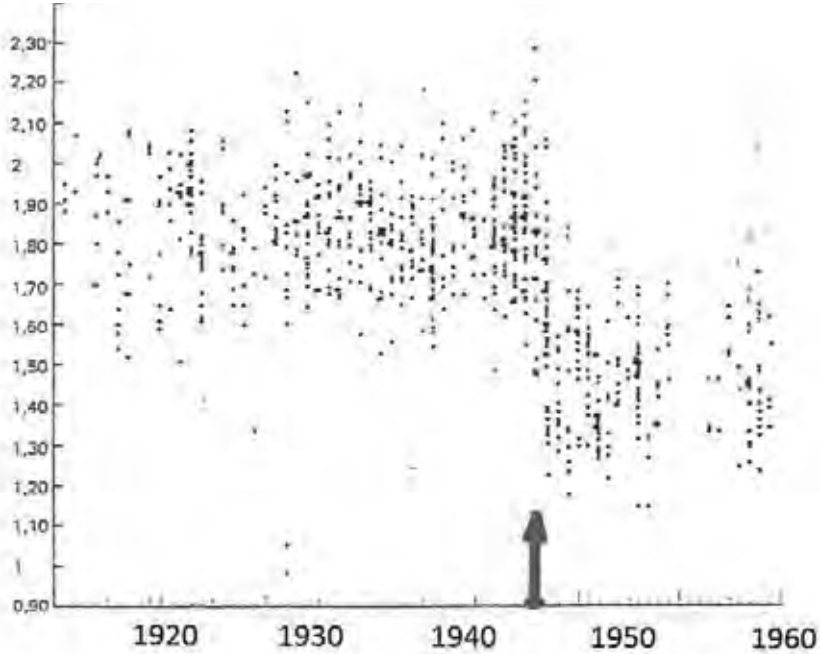


**Fig. 5** I tonni Atlantici contengono meno mercurio di quelli Mediterranei a causa dell'anomalia geochimica di questo bacino (numerose miniere quale ad es. quella del Monte Amiata), ma anche a causa della forte antropizzazione che porta a scaricare nelle acque sensibili quantità di mercurio.

Il mercurio insolubile delle miniere (cinabro), che arriva al mare per fenomeni di trasporto dei fiumi, viene reso disponibile da fenomeni di mutilazione che si realizzano sui fondali marini ad opera di batteri mutilanti; quello industriale è spesso subito biodisponibile ed entra nella catena alimentare.

La pericolosità dei composti chimici di sintesi per la salute dell'ambiente e degli organismi viventi è stata denunciata per la prima volta nel 1962 da Rachel Carson nel suo libro *"The Silent Spring"*. La Carson indicò il DDT come il maggiore responsabile delle gravi disfunzioni registrate nella biologia riproduttiva in alcune specie di uccelli, con il conseguente decremento delle nascite e, in alcuni casi, l'estinzione della popolazione. Il problema dell'inquinamento da POPs è da allora diventato un tema di grande attualità portato alla ribalta soprattutto dai "mass media", ed ha portato anche ad accrescere l'interesse verso i temi ambientali. Questo è stato forse determinato dalla pre-

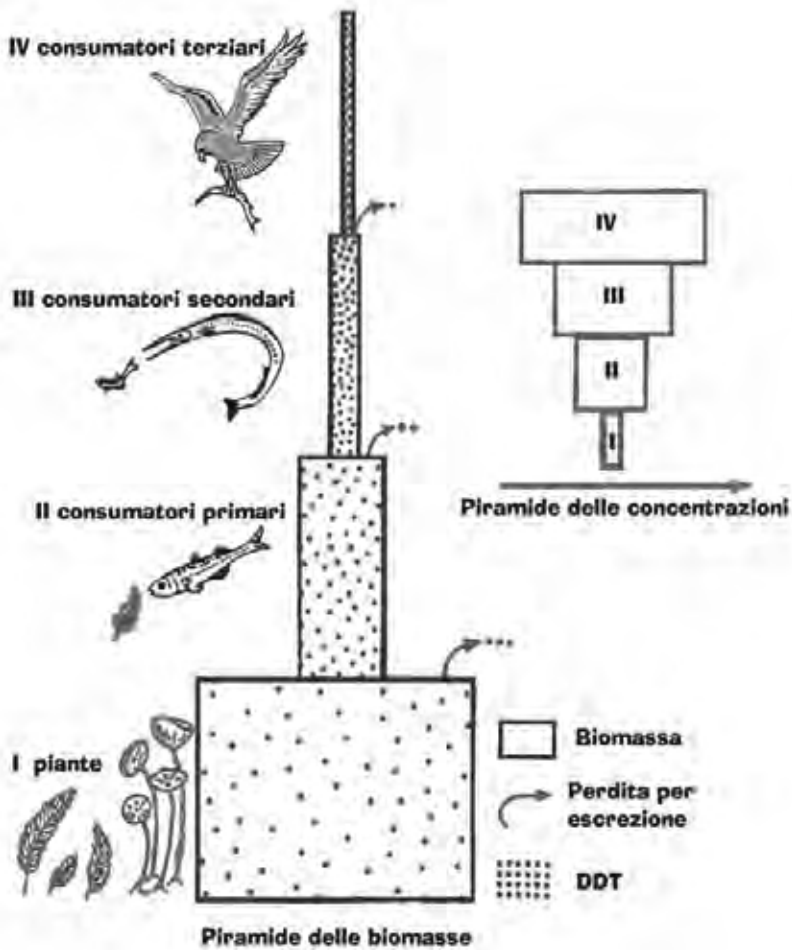
occupazione dei possibili effetti sulla salute dell'uomo; meno spesso, invece, ci si preoccupa dei danni che i diversi ecosistemi e gli organismi in essi viventi possano subire, ignorando il fatto che dal loro buono stato di salute dipende anche il nostro.



**Fig. 6** Indice di Radcliffe (spessore del guscio)

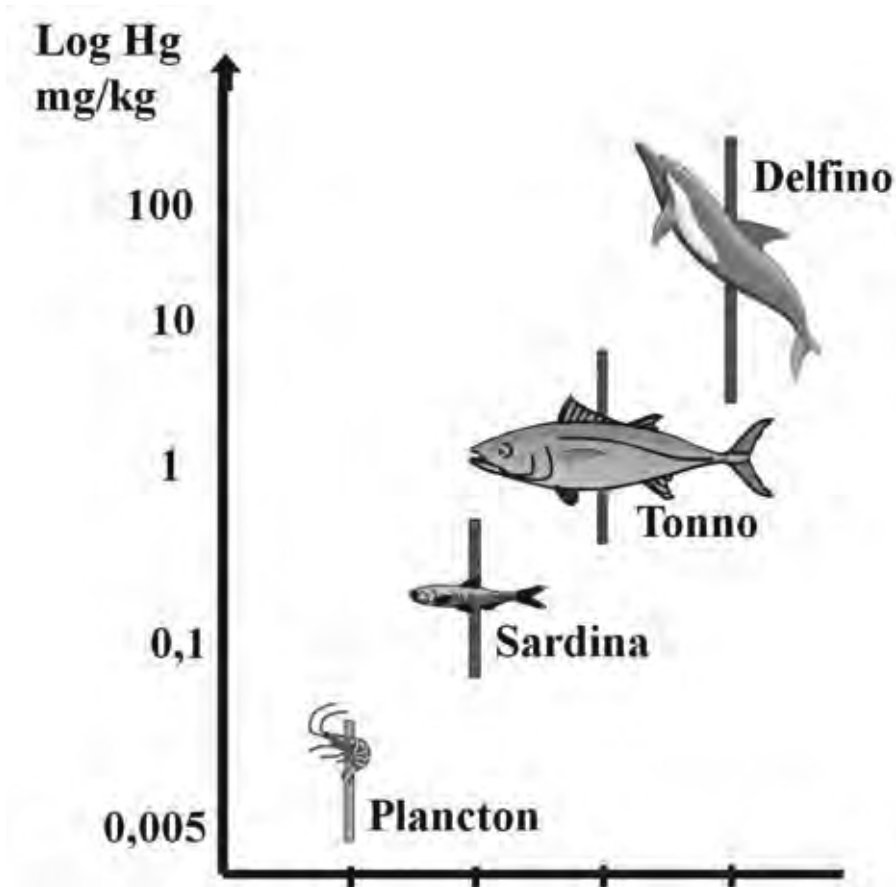
In effetti, però i primi danni associati “ufficialmente” agli effetti del DDT sono quelli descritti nel Falco pellegrino in America ed in Europa. Le popolazioni di questa specie mostravano una forte rarefazione nelle aree più contaminate. La causa era l’assottigliamento del guscio e la responsabilità fu data al DDT e ai suoi effetti (fig.6).

Ma perché il DDT e perché il Falco pellegrino? Il fenomeno necessitava di chiarire in maniera definitiva le responsabilità del fenomeno del bioaccumulo, che in alcuni casi veniva amplificato nella catena alimentare con quello della biomagnificazione (figg. 7 e 8). La biomagnificazione rappresenta quindi un aumento delle concentrazioni nella catena alimentare che porta a livelli più elevati di contaminanti nelle specie posti ai vertici delle stesse. Su queste specie si avranno anche i più forti effetti tossici.



**Figura 7** Piramide delle biomasse e delle concentrazioni

Per determinare questo fenomeno Suedell e coll. (1994) hanno introdotto il TTC (Trophic Transfer Coefficient, coefficiente di trasferimento trofico) definendolo come il rapporto tra la concentrazione di un contaminante nel tessuto del consumatore e quello nell'alimento (preda). Pertanto con un TTC minore od uguale all'unità, non si ha biomagnificazione, che invece avviene con  $TTC > 1$ .



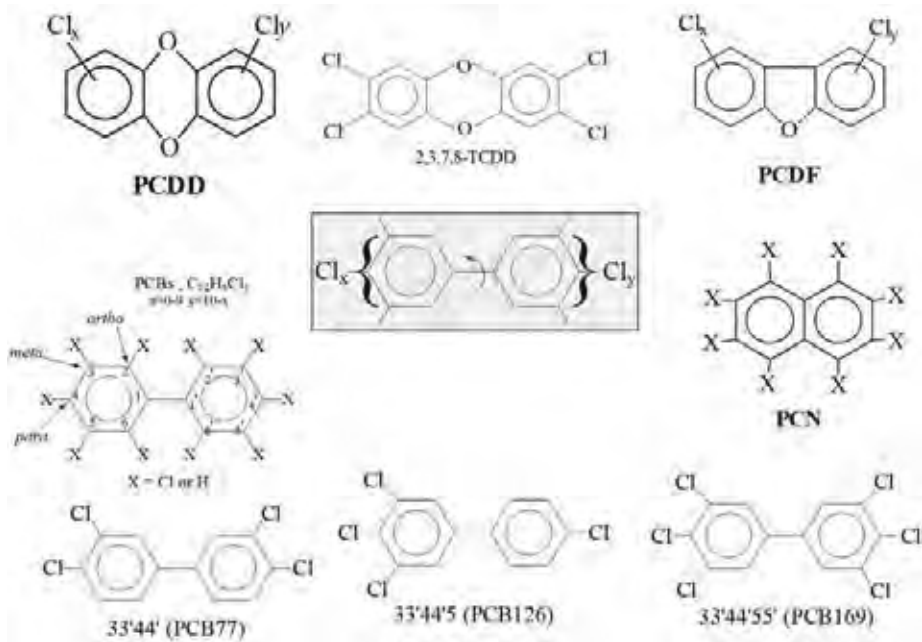
**Figura 8** Piramide delle biomasse e delle concentrazioni

**Le molecole di interesse di questa problematica: diossine e composti diossino-simili.**

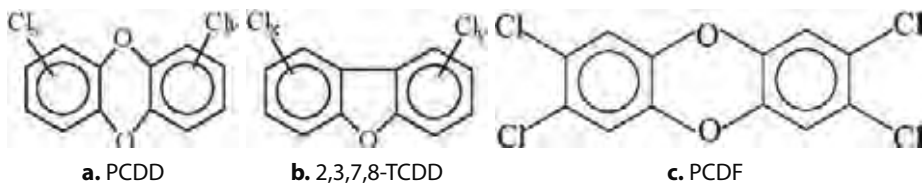
Occorre prima di tutto chiarire che con il termine diossine si vuole indicare un gruppo di contaminanti costituito da 75 congeneri delle policloro dibenzo-*p*-diossine (PCDD), alcuni dei quali dotati di un elevato effetto tossico (fig.9). Data la forte persistenza e la grande capacità di penetrare nelle catene alimentari, questi contaminanti hanno assunto negli ultimi anni un ruolo importante anche per l'alimentazione dell'uomo. I vari componenti delle diossine



differiscono molto per persistenza e tossicità, per cui dei 75 congeneri possibili solo alcuni sono importanti dal punto di vista tossicologico. Il più tossico è la 2,3,7,8-tetracloro dibenzo-*p*-diossina (2,3,7,8-TCDD).



**Fig. 9** I POPs più pericolosi per la vita



Le diossine non vengono prodotte deliberatamente o fabbricate per essere commercializzate: si tratta di sottoprodotti indesiderati che si formano sponta-

neamente in numerosi processi chimici. Comuni fonti di diossine prodotte dall'attività dell'uomo sono l'incenerimento a bassa temperatura dei rifiuti urbani o industriali, gli incendi boschivi (per esempio, causati da fulmini), i vulcani e i cumuli di concime, ecc. Le diossine si formano anche nell'industria metallurgica durante operazioni di fusione e raffinazione o nel recupero degli scarti; anche in alcuni processi produttivi chimici si formano minime quantità di diossine. Dato il gran numero di fonti di emissione non c'è da stupirsi che gli scienziati abbiano rilevato diossine praticamente ovunque.

Negli organismi dei mari italiani i PCB sono presenti in concentrazioni talvolta anche elevate (Focardi *et al.*, 1983; Renzoni *et al.*, 1986; Kannan *et al.*, 1993; Corsolini *et al.*, 1996), ma pochi sono i lavori che riportano il valore dei TEQ (Kannan *et al.*, 1993; Corsolini *et al.*, 1995; Borrell *et al.*, 1996; Corsolini *et al.*, 2000). Relativamente ai composti diossino-simili, dai pochi dati a disposizione si ricava che i PCB rappresentano più dell'80-90% della somma totale dei composti diossino-simili (Kannann *et al.*, in press). PCB sono una classe di organoclorurati, sintetizzati per la prima volta negli USA nei primi anni di questo secolo. Sono ricavati a partire dal petrolio e dal catrame, dai quali si estrae il benzene; questo viene trasformato in bifenile facendone passare i vapori attraverso il piombo fuso. Il bifenile, viene successivamente clorurato a policlorobifenile, la cui formula generale è  $C_{12}H_xCl_y$  (dove  $x$  è compreso tra 0 e 9 e  $y$  è uguale a  $10-x$ ). In base alla posizione degli atomi di cloro nella molecola del bifenile si possono ottenere 209 congeneri; sono possibili 10 livelli di clorurazione e per ognuno di essi un numero variabile di isomeri o omologhi, in relazione al numero degli atomi di cloro nel bifenile.

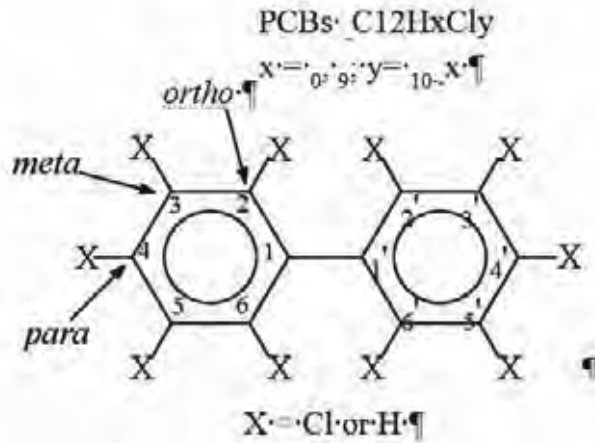
La nomenclatura IUPAC assegna ad ogni congenere un numero compreso tra 1 e 209. Le caratteristiche fisico-chimiche di isomeri e congeneri dei PCB variano notevolmente e questa variabilità ha dirette conseguenze su persistenza e bioaccumulo dei singoli congeneri. I congeneri dei PCB sono suddivisi in due gruppi in base alla diversa possibilità che hanno gli atomi di cloro di disporsi su un unico anello del bifenile o su entrambi. Dei 209 congeneri solo un centinaio sono sintetizzati e utilizzati nei preparati commerciali. Tra quelli più noti vi sono: Aroclor (USA, Gran Bretagna e Giappone), Fenclor (Italia), Phenclor (Italia e Francia), Pyralene (Francia), Sovol (Russia), Kanechlor e Santotherm (Giappone). I PCB sono composti chimici molto stabili, resistenti ad acidi ed alcali ed alla fotodegradazione, non sono ossidabili, non attaccano i metalli, sono poco solubili in acqua ma lo sono in olio e solventi organici quali alcol e acetone, inoltre sciolgono facilmente le materie plastiche allo stato fuso.

Non sono incendiabili (quando la loro molecola contiene più di quattro atomi di cloro), evaporano ad oltre  $800^\circ C$  e si decompongono solo oltre i  $1000^\circ C$ . Sono poco volatili, si possono spandere su superfici formando sottili pellicole, hanno bassa costante dielettrica, densità maggiore dell'acqua, elevata lipoaffinità e sono scarsamente biodegradabili. Grazie a queste proprietà

i PCB sono stati utilizzati in un gran numero di applicazioni industriali e commerciali come ad esempio nei condensatori e nei trasformatori, negli oli lubrificanti, colle, vernici, inchiostri per la stampa, fibre sintetiche, gomme e plastiche. Una distinzione degli usi dei PCB in ambienti chiusi ed aperti, è mostrato in Tabella 1. È stato stimato che dall'inizio del secolo sono state prodotte e commercializzate più di un milione di tonnellate di PCB (European Commission, 2000); tali sostanze non vengono più prodotte in molti paesi, tuttavia ne restano grossi quantitativi in apparecchiature elettriche, plastiche, edifici e nell'ambiente.

**Tab. 1** Utilizzo dei PCB

<b>Sistemi chiusi</b>	<b>Olio isolante</b>	Per trasformatori: centrali termoelettriche e nucleari, navi, industrie, edifici, treni, metropolitane, tram, generatori, televisori, ecc. Per condensatori: centrali, industrie, forni elettrici, navi, motori, lampade a mercurio e fluorescenti, apparecchi telegrafici, lavatrici, frigoriferi, condizionatori d'aria, televisori, elaboratori elettronici, ecc.
	<b>Altri usi</b>	Cavi elettrici, trivelle, ecc.
<b>Sistemi aperti</b>	<b>Conduttore di calore</b>	Apparecchi per riscaldamento e raffreddamento
	<b>Olio lubrificante</b>	Apparecchiature operanti ad alta temperatura, alta pressione, sott'acqua, pompe ad olio, compressori.
	<b>Elasticizzante</b>	Colle, vernici, grassi sintetici, asfalto, inchiostri per stampe.
	<b>Elasticizzante ed isolante</b>	Guaine per conduttori di elettricità, nastri isolanti, altri usi in campo elettrotecnico.
	<b>Elasticizzante ed antinfiammante</b>	Fibre sintetiche, plastiche, gomme.
	<b>Carte</b>	Carte autocopianti, carte carbone, carte per fotocopie.
	<b>Altri</b>	Tinture per carte, tessuti, vernici per metalli, additivi per anticrittogamici, coloranti per vetro e ceramiche, antipolvere, antiossidanti per fusibili, additivi per petrolio, additivi per fertilizzanti.



Alcuni dei 209 congeneri dei PCB, i cosiddetti co-planari, sostituiti in posizione non-*ortho*, sono isostereoisomeri della 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-diossina. Ciò rende questi congeneri, come anche alcuni sostituiti in posizione mono-*ortho*, estremamente pericolosi per i sistemi viventi, poiché sono in grado di provocare effetti tossici simili a quelli della diossina stessa. Fra i PCB co-planari, vengono considerati con particolare attenzione i congeneri 33'44' (numero IUPAC, PCB-77), 33'44'5 (PCB126) e 33'44'55' (PCB-169).

Gli elementi più importanti nel determinare lo stesso meccanismo di azione della 2,3,7,8-TCDD, mediato dal recettore Ah (Aryl Hydrocarbon Receptor) risultano le dimensioni molecolari e la conformazione planare dei congeneri dei PCB. Queste caratteristiche strutturali dipendono dal numero di atomi di cloro e soprattutto dalle loro posizioni (*ortho*, *meta* e *para*) nella molecola del bifenile. Ed è proprio questa somiglianza strutturale a far sì che i PCB co-planari agiscano, a livello cellulare, in maniera simile alla 2,3,7,8-TCDD, interazione che non è possibile per i congeneri non planari, detti non diossino-simili (de Voogt *et al.*, 1990). I PCB co-planari e le diossine penetrano nella membrana plasmatica per diffusione passiva e, nel citoplasma, si legano al recettore Ah con il quale formano un complesso di attivazione che penetra nel nucleo ed interagisce con sequenze specifiche di DNA, note come Elementi Regolatori delle Diossine (DRE), localizzate nel gene CYP1A1. Questo legame determina l'inizio della trascrizione di mRNA per il citocromo P4501A1 cui segue la sintesi di specifici enzimi (Safe, 1990).

Si ritiene che molti, se non tutti gli effetti biochimici e tossicologici delle diossine, dipendano dal legame ad uno specifico recettore cellulare, il recettore Ah (IARC, 1997). Studi effettuati su topi che non presentano il recettore Ah hanno dimostrato il ruolo del recettore stesso nella mediazione di risposte

## Fine anteprima...

Puoi trovare la scheda di questo libro sul sito  
[www.edizionaltravista.com](http://www.edizionaltravista.com)

Catalogo libri Altravista | Libri di antropologia, ambiente,  
scienze sociali, benessere, saggistica, narrativa...  
Ordina on line. Spedizioni in tutta Italia.

