

Commissione internazionale
per la protezione delle acque italo-svizzere

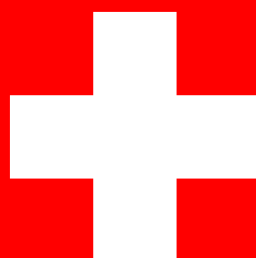
**INDAGINI SU DDT E SOSTANZE PERICOLOSE
NELL'ECOSISTEMA DEL LAGO MAGGIORE**

PROGRAMMA 2008-2012

RAPPORTO ANNUALE 2008

a cura di Piero Guilizzoni

Verbania Pallanza 2009



6. CONCLUSIONI

(Piero Guilizzoni)

Le indagini su sei diversi comparti dell'ecosistema del Lago Maggiore condotte nel 2008, primo anno di indagine del nuovo programma della Commissione Internazionale per la Protezione delle acque Italo-Svizzere (CIPAIS), dettagliatamente presentate nei capitoli precedenti, sono state pianificate a seguito della contaminazione da DDT riscontrata a metà degli anni '90. A partire dal 1996, grazie allo sforzo di ricerca di molti ricercatori afferenti a istituzioni e centri di ricerca pubblici sia italiani che svizzeri, sono stati condotti annualmente studi specifici atti a verificare lo stato di compromissione dell'ecosistema lago ampliando il campo d'indagine anche alla presenza di PCB, pesticidi e metalli potenzialmente tossici; i risultati di tali studi sono raccolti nei singoli rapporti di attività ai quali si rimanda per un'analisi approfondita (Calderoni *et al.*, 1996; CIPAIS, 1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007). Vi è da sottolineare come quelle ricerche non presero in considerazione soltanto i diversi comparti ambientali del Lago Maggiore ma vennero anche allargate al suo bacino imbrifero (i più importati fiumi tributari) e alle precipitazioni atmosferiche.

L'attività svolta fino al 2007, pur chiarendo molti degli aspetti inerenti il livello di contaminazione, la sua distribuzione e l'origine degli inquinanti, ha messo in evidenza come l'ecosistema del Lago Maggiore sia in continua evoluzione e non abbia ancora raggiunto quel livello di stabilità tale da considerare superato il problema ambientale determinato dalla contaminazione da DDT e da altri microinquinanti. Di conseguenza, poiché la fase di totale bonifica del sito di Pieve Vergonte, principale sorgente di DDT nel lago, e del Torrente Marmazza è ancora in corso, si è ritenuto opportuno continuare le ricerche secondo i nuovi indirizzi precisati nella premessa del presente rapporto. Le ricerche sono state pertanto riprese a partire dal gennaio del 2008 allo scopo primario di seguire l'evoluzione del DDT, PCB e diversi altri contaminanti tra i quali alcuni metalli pesanti (As, Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Hg) e molte sostanze organiche di sintesi analizzate per la prima volta (es. IPA, idrocarburi policiclici aromatici e PBDE, polibromodifenileteri) verificandone i livelli di concentrazione e la distribuzione spazio-temporale in diversi comparti del lago e in due organismi indicatori (molluschi e pesci).

Per quanto riguarda il DDT, il PCB e i loro metaboliti ed isomeri nonché altri pesticidi clorurati (HCH e HCB) in campioni d'**acqua di lago** prelevati alle diverse profondità e in più stazioni, il quadro generale emerso è quello di un ambiente con basse concentrazioni in linea con i dati ottenuti dagli studi relativi agli anni più recenti. Valori più elevati delle concentrazioni di questi composti sono stati riscontrati nella frazione particellata dei campioni d'acqua. Le concentrazioni di DDT totali, sia nel disciolto che nel particellato, tendono alla diminuzione passando dalla primavera all'inverno. Generalmente, in quasi tutte le stagioni, sia nel disciolto che nel particellato, prevale il pp'DDE (pp'DDD prevale in autunno) rispetto al composto parentale pp'DDT la cui presenza nell'acqua risulta inferiore al limite di rilevabilità del metodo analitico ($0,01 \text{ ng L}^{-1}$). Anche le concentrazioni dei cinque congeneri di PCB e degli altri pesticidi clorurati quali il lindano e gli HCH sono molto basse sebbene più variabili nel tempo e nello spazio. La contaminazione del seston, che secondo la metodologia adottata (cf. Cap. 2) dovrebbe contenere soprattutto zooplancton, è risultata molto più elevata di quanto ci si poteva aspettare in base alla concentrazione dei composti in acqua. Sono in corso approfondimenti per chiarire se questo risultato dipende dalla metodica di campionamento e d'analisi o dalle modalità di trasferimento degli inquinanti dalla componente abiotica a quella biologica.

Per quanto riguarda i **sedimenti lacustri** che, come è noto, costituiscono la memoria storica dei laghi in quanto archivi naturali di eventi che si susseguono nel tempo, le indagini

hanno messo in evidenza che gli IPA (idrocarburi policiclici aromatici) sono presenti in tutte le nove carote analizzate e che le loro concentrazioni aumentano da nord a sud. Nel Bacino di Pallanza le più alte concentrazioni sono state misurate in un'area ove il traffico di natanti a motore è più intenso (carota 51). Ciò sta a testimoniare l'origine petrogenica di tali composti, vale a dire da sversamento di oli e/o da carburanti diesel. In generale, anche dall'interpretazione di specifici indici di contaminazione (Yunker *et al.*, 2002) l'origine petrogenica è quella prevalente per gli IPA misurati in tutte le stazioni del lago. In merito alla valutazione dei "Probabili effetti tossici" (PEC) secondo indici ampiamente descritti nella letteratura scientifica, si può affermare che le concentrazioni di IPA qui misurate sono ben lontane dal valore soglia di 28800 ng g⁻¹ (MacDonald *et al.*, 2000).

Tra i metalli in traccia analizzati (As, Cd, Cu, Ni, Pb), l'arsenico è quello con le concentrazioni più elevate, soprattutto nel Bacino di Pallanza; si ritiene che ciò si è dovuto a una probabile origine naturale, cioè geogenica, e non antropica di questo elemento (la Valle Anzasca, un tempo sottoposta ad intensa attività mineraria, è ricca di rocce contenenti questo metallo). La sua distribuzione da nord a sud mostra concentrazioni più elevate nelle aree centrali e meridionali del lago. L'arsenico è anche il metallo pesante che a differenza degli altri mostra una variabilità temporale molto spiccata con concentrazioni attuali (2008) più elevate di quelle misurate nel periodo 2001-2007 (CIP AIS, 2007). Infine, Cd, Cu e Pb, di probabile origine antropica, presentano concentrazioni più elevate nel bacino sud del lago.

Per quanto concerne i **sedimenti dei tributari**, e con l'eccezione del Fiume Toce, le concentrazioni di DDT, relativi isomeri e metaboliti, non sono elevate e all'incirca simili a quelle misurate negli ultimi 7-8 anni. Il F. Toce purtroppo evidenzia invece valori 5 volte più alti e anche una contaminazione recente in quanto il pp' DDT costituisce il 60% circa dei composti totali.

I fiumi Tresa, Bardello e Boesio sono d'altro canto i tributari con le più elevate concentrazioni di PCB. Bardello e Boesio si distinguono dagli altri anche per gli elevati valori in concentrazione di PBDE di probabile origine industriale.

I fiumi Margorabbia, Tresa e il Ticino emissario sono anche quelli con le maggiori concentrazioni di IPA rispecchiando in modo coerente le concentrazioni misurate a lago al largo della foce dei fiumi.

Come riportato più volte nei vari capitoli non avendo pianificato nessuna ricerca *ad hoc* sui possibili effetti tossici delle concentrazioni dei vari composti ci si deve affidare ad un confronto sui valori ottenuti da vari indici proposti internazionalmente da studiosi di organismi scientifici unanimemente riconosciuti dal modo accademico. Tra questi vanno citati il SQG: *Sedimentary Quality Guidelines*, USA e il più volte utilizzato indice PEC (*Probably Effect Concentration*). Secondo questi indici un probabile effetto tossico sugli organismi bentonici è riscontrabile per il Fiume Toce.

Oltre ai composti organici clorurati particolare attenzione è stata rivolta ai metalli in traccia quali arsenico, cadmio, rame, nichel, piombo e mercurio. Da nord a sud si osserva un marcato aumento nelle concentrazioni di Cd, Cu, Pb e Hg che potrebbe essere determinato dalla presenza nei vari sottobacini idrologici di sorgenti inquinanti. Non si osserva una chiara variabilità stagionale con la sola eccezione del Fiume Toce (valori più elevati ad ottobre, 1 mg kg⁻¹).

Analogamente a quanto fatto per i sedimenti lacustri anche per quelli dei tributari si sono verificate le condizioni di tossicità mediante gli indici sopra riportati pur con qualche variante. Ad esempio si è utilizzato l'indice PEC-Q (*Probabile Effect Concentration Quotients*) che tiene conto della presenza di altri elementi oltre a quello considerato per il test. Rimandando al capitolo relativo la discussione sui valori stabiliti per la tossicità del sedimento, qui si sottolinea come per molti dei tributari i relativi sedimenti sono ritenuti potenzialmente tossici per gli organismi bentonici residenti. Tuttavia, l'interpretazione di

questi risultati non è immune da critiche in quanto tali indici non tengono conto della natura geologica dei singoli bacini né della presenza ed interazione dell'elemento allo studio con altre sostanze inquinanti (es. microinquinanti organici).

I campioni del **mollusco *Dreissena polymorpha***, prelevati in lago alla profondità di 3-5 m in due momenti stagionali (maggio e settembre coincidenti con due periodi fisiologicamente differenti in quanto legati alla fase di riproduzione) e in otto stazioni da nord a sud, hanno permesso di descrivere il bioaccumulo ed il livello di contaminazione del lago da parte di DDT, PCB, IPA, HCB e HCH, mentre per i tre composti organo-fosforati (chlorpyrifos con il suo metabolita chlorpyrifos-oxon ed il carbaryl) le concentrazioni sono risultate al di sotto del limite di rilevabilità.

Pur osservando concentrazioni di DDT oscillanti da stazione a stazione, si nota una certa omogeneità della contaminazione con valori più elevati a Baveno e a Laveno rispettivamente nel maggio e settembre del 2008. In generale, e dal confronto con studi condotti sugli altri grandi laghi subalpini e in diversi ambienti del globo, quello che emerge dall'analisi di DDT nei tessuti di *D. polymorpha* sono concentrazioni piuttosto elevate. Inoltre, i valori di DDT del 2008 misurati in tutte le zone del lago, sono maggiori di quelli rilevati negli anni precedenti, a testimonianza del fatto che il problema dell'inquinamento non è affatto superato. Anche un altro dato merita attenzione: durante il campionamento di settembre 2008 in due stazioni del Bacino di Pallanza, Baveno e Suna, si è assistito ad un aumento di DDT "fresco" (pp'DDT), il che sta ad indicare una nuova recente, inattesa immissione di DDT dal Fiume Toce, fatto questo confermato anche dall'analisi dei sedimenti di questo fiume. Sarà quindi da ricercare in futuro la sorgente di questo recente inquinamento, probabilmente indotto dalla movimentazione di terreni e suoli dove il DDT "fresco" era segregato da tempo. Comunque, in tutte le altre stazioni e nell'arco dell'anno i due metaboliti (pp'DDE e pp'DDD), che indicano una contaminazione pregressa, prevalgono sui livelli del DDT parentale.

Meno problematica e prevalentemente omogenea su tutto il lago, appare la situazione relativa agli altri inquinanti (PCB, HCH, HCB e composti fosforati). In generale, le concentrazioni di PCB sono basse e paragonabili a quelle degli altri grandi laghi subalpini e notevolmente inferiori a quelle di altri ambienti europei. Le più elevate concentrazioni di PCB notate lungo la costa orientale del lago sembrano dovute agli apporti dei fiumi Boesio e Bardello, le cui concentrazioni nei sedimenti sono tra le più elevate non solo per il Lago Maggiore, ma anche rispetto ad altri ambienti. Tuttavia, non sempre è chiaro da quali sorgenti derivi la contaminazione di PCB nel Lago Maggiore, escludendo con certezza il contributo del Fiume Toce. Si conferma, inoltre, il calo dei valori di concentrazione in autunno per molte delle stazioni campionate.

Un po' più preoccupante appare la situazione per quanto riguarda gli IPA, soprattutto relativamente alla stazione di Suna. L'inquinamento da IPA è generalmente di origine pirogenica, cioè da combustione di idrocarburi, ad eccezione della zona di Suna ove invece la presenza di IPA è determinata dall'attività cantieristica associata a quella nautica. Un dato però va considerato con molta attenzione soprattutto per i possibili effetti sulle biocenosi, vale a dire quello relativo agli IPA considerati come cancerogeni dall'Organismo Internazionale IARC (*International Agency for Research on Cancer*). A questo proposito tali composti costituiscono il 28% e il 51% degli IPA totali rispettivamente a Brissago e a Luino.

Il bivalve *D. polymorpha* si distingue come un buon organismo bioindicatore anche per descrivere l'evoluzione temporale ed areale delle concentrazioni di elementi in traccia (As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg). A differenza di quanto osservato per i microinquinanti organici, lo stato fisiologico degli organismi non sembra determinare variazioni sistematiche nel contenuto di metalli in *D. polymorpha* per le diverse aree del Lago Maggiore. Nel caso del cromo la stazione di Baveno presenta concentrazioni elevate in entrambi i periodi. Elevati livelli di cromo si misurano anche a Pallanza nel maggio 2008. Allo stato attuale delle conoscenze,

resta incerta la natura degli apporti di questo metallo (antropica o geogenica, ovvero la cui origine è essenzialmente legata ad input naturali).

La capacità di *D. polymorpha* di evidenziare una generale riduzione della contaminazione da piombo nel lago, individuando allo stesso tempo situazioni di contaminazione locale (es. Stazione di Laveno), rappresenta un'ulteriore conferma dell'utilità di questo organismo per i programmi di protezione del Lago Maggiore.

Particolarmente significativa è l'assenza di differenze nelle concentrazioni di mercurio tra il Bacino di Pallanza e le stazioni poste lungo l'asse Nord-Sud. Come già evidenziato nel capitolo relativo, la riduzione di Hg nei bivalvi non è stata finora accompagnata da un'analoga tendenza nella fauna ittica (v. oltre).

Interessanti considerazioni emergono inoltre dallo studio sulle **tre specie ittiche** analizzate sia per composti organo clorurati che per i metalli.

Relativamente al DDT e più in generale ai composti organici analizzati, il contenuto di grassi in agone, lavarello e gardon – variabile in qualche misura tra le specie - condiziona le concentrazioni nel muscolo del pesce. L'agone, infatti, ancora una volta mostra concentrazioni più elevate rispetto alle altre due specie e sono comunque, ad eccezione del campione prelevato a dicembre 2008, molto vicine ai limiti massimi consentiti dalle vigenti normative (100 ng g⁻¹ per contenuti in grassi superiori a 5%).

L'andamento nel tempo delle concentrazioni delle sostanze organoclorurate nelle tre specie ittiche è simile, con massimi in primavera ed autunno. Differenze si riscontrano invece nelle concentrazioni totali di DDT nelle tre specie: la media è pari a 56 ng g⁻¹ peso fresco per l'agone, 20 ng g⁻¹ peso fresco per il lavarello e 10 ng g⁻¹ peso fresco per il gardon. Il gardon ha quindi un contenuto di DDT pari alla metà di quello del lavarello. Si ritiene che tali differenze siano dovute alle differenti nicchie ecologiche occupate dalle tre specie e alla differente dieta alimentare. E' interessante notare nell'agone la presenza di una frazione importante di pp'DDT, quindi di composto parentale non ancor degradato, e quindi di recente immissione, mentre il lavarello è caratterizzato dalla stessa distribuzione percentuale dei composti del DDT, e nel caso del gardon il pp'DDT è praticamente assente.

Le concentrazioni di PCB totali nei pesci da noi considerati non sono elevate e sostanzialmente simili nelle tre specie: la media è pari a 26 ng g⁻¹ peso fresco per l'agone, a 9 ng g⁻¹ peso fresco per il lavarello e a 8 ng g⁻¹ peso fresco per il gardon; le due ultime specie sono quindi simili per il contenuto di questa sostanza.

I livelli di PCB-indicatori (somma dei PCB 28+52+101+138+153+180) nelle specie ittiche campionate non superano il valore di 80 ng g⁻¹ al di sopra del quale è possibile che sia superato anche il limite fissato dall'U.E. di 8 pg g⁻¹ TEQ per le policlorodibenzo-p-diossine e dibenzofurani e i PCB-diossina simili. Tuttavia il campione di pesci da noi considerato non è rappresentativo di tutta la popolazione ittica che viene pescata nel lago, ma solo di una frazione di individui più giovane e quindi più "pulita" dal punto di vista dell'accumulo dei composti organoalogenati come nel caso dei PCB. Infatti, i pesci prelevati nel 2008 erano relativamente giovani (2-3 anni di età), in quanto lo scopo del lavoro è stato quello di evidenziare significativi cambiamenti del contenuto di DDT nel tempo in organismi relativamente giovani.

Per quanto concerne i PBDE le concentrazioni sono inferiori a quelle dei PCB e non si osservano grosse differenze tra stagioni e comunque tali da non destare preoccupazioni.

Confortanti sono in una certa misura anche i risultati relativi alle concentrazioni di mercurio totale nei muscoli di lavarello e gardon, un po' meno per l'agone. Infatti, dal confronto con i dati pregressi e relativamente all'agone e al lavarello (gardon non era stato incluso nei campionamenti del decennio precedente), risulta che le concentrazioni di questo elemento sono simili nelle due specie, paragonabili a quelle rilevate nel 2001 e che stanno al di sotto del limite stabilito dalle legge. Vi è da sottolineare, comunque, come l'interpretazione

dei dati di Hg non sia immune da altre e importanti considerazioni: per esempio, si ritiene che la variabilità nelle concentrazioni nell'agone (massime a luglio ed a ottobre) siano riconducibili ad una maggiore disponibilità della frazione organica (mono e dimetil mercurio) che potrebbe venire prodotto in maggior quantità nel periodo caldo dell'anno. Certamente, al fine di comprendere i meccanismi che regolano il ciclo biogeochimico del mercurio nel Lago Maggiore e per una corretta valutazione dei rischi sanitari, oltre che ambientali, sarà necessario elaborare un programma di ricerca da affiancare all'attività di monitoraggio e di includere determinazioni di MeHg nei sedimenti.

In conclusione, considerati i numerosi studi effettuati e la notevole variabilità dei risultati da zona a zona e da stagione a stagione si deve ammettere ancora una volta come il sistema Lago Maggiore e bacino imbrifero non abbia raggiunto un stato di equilibrio tale da considerare completamente e definitivamente superato il problema dell'inquinamento da DDT e metaboliti e da altre sostanze pericolose. In effetti, oltre alla lunga persistenza nell'ambiente di questi composti refrattari alla degradazione biochimica e ai processi chimico-fisici di demolizione, vi sono numerose altre variabili in gioco e, tra queste, gli eventi meteorologici e la movimentazione di suoli e terreni inquinati sono senza dubbio di grande importanza in quanto influenzano fortemente la possibile ricarica esterna nonché l'accumulo degli inquinanti nel sistema ed in particolar modo nel comparto dei sedimenti.

In tale prospettiva le ricerche già programmate per l'anno 2009 assumono un ruolo rilevante e necessario non solo per monitorare la presenza dei contaminanti nei vari comparti dell'ecosistema, ma anche per l'acquisizione di decisive informazioni sui processi inerenti il trasferimento di sostanze dal comparto fisico-chimico a quello biologico.

Bibliografia

- Calderoni, A., A. Caprioglio & R. de Bernardi. 1996. *Sintesi dell'attività svolta. Risultati ottenuti e programmi di studio ed intervento*. Comitato tecnico-scientifico interministeriale ed interregionale "Emergenza DDT nel Lago Maggiore": 61 pp.
- CIP AIS. 1999. *Ricerche sulla distribuzione e gli effetti del DDT nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto finale sui risultati delle indagini*. Ed. Commissione internazionale per la protezione acque italo-svizzere: 81 pp.
- CIP AIS 2001 Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale 2001 – 2002.
- CIP AIS 2002 Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale 2002 – 2003.
- CIP AIS 2003 Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale 2003 – 2004.
- CIP AIS 2004 Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale 2004 – 2005.
- CIP AIS 2005 Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale 2005 – 2006.
- CIP AIS 2006 Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto Annuale 2006 – 2007.
- CIP AIS 2007 Monitoraggio della presenza del DDT e di altri contaminanti nell'ecosistema Lago Maggiore. Rapporto quinquennale 2001-2007.
- MacDonald, D., C.G., Ingersoll, & T.A. Berger. 2000. Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39: 20-31
- Yunker, M.B., R.W. Macdonald., R. Vingarzan, R.H. Mitchell, D. Goyette, & S. Sylvestre. 2002. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. *Organic Geochemistry*, 33: 489–515.

7. GLOSSARIO

ANOVA (analisi della varianza): tecnica statistica che permette di confrontare due o più gruppi di dati comparando la variabilità *interna* a questi gruppi con la variabilità *tra* i gruppi.

Bacino imbrifero: è quella parte di territorio che circonda il lago e che, a causa della sua pendenza, fa da imbuto di raccolta delle acque piovane. Lo spartiacque è la parte più alta del bacino imbrifero per cui le precipitazioni atmosferiche che cadono oltre lo spartiacque non scendono superficialmente verso il lago.

Bioaccumulo: processo attraverso cui sostanze tossiche (per esempio il DDT) si accumulano all'interno di un organismo in concentrazioni crescenti man mano che si sale di livello trofico.

Biocenosi: è l'insieme di flora e fauna che vive in un ecosistema.

Bivalvi: molluschi appartenenti al *Phylum* dei Mollusca. Sono caratterizzati da un corpo protetto da una conchiglia formata da due parti, dette valve.

Biotrasformazione: conversione di una sostanza in altri composti da parte di organismi; comprende la biodegradazione.

Condizione riducente: in riferimento a determinate condizioni dell'acqua e del sedimento di un corpo d'acqua in cui l'ossigeno è assente o molto scarso.

DDD (diclorodifenildicloroetano): della famiglia degli organoclorurati (OC). Prodotto di degradazione del DDT con proprietà chimico-fisiche simili.

DDE (diclorodifenildicloroetilene): della famiglia degli organoclorurati. Prodotto di degradazione del DDT con proprietà chimico-fisiche simili.

DDT (diclorodifeniltricloroetano): della famiglia degli organoclorurati. E' una sostanza incolore altamente idrofobica usata come potente antiparassitario.

Diatomee: microalghe unicellulari provviste di una parete silicea formata da due gusci dette teche o valve.

Diagenesi: termine che deriva dalla geologia e che sta ad indicare la trasformazione chimica, fisica e biologica di un tipo di sedimento nel corso del tempo. In questo studio il termine diagenetico viene utilizzato per indicare una trasformazione chimica di una determinata sostanza organica.

Diossine: le diossine (dibenzo-p-diossine, PCDD e dibenzofurani, PCDF) sono gruppi di sostanze estremamente stabili e persistenti, presenti nel suolo, nell'aria, nei vegetali, negli animali, negli alimenti (in particolare quelle di origine animale come latte e latticini, pesce, carne e uova) e negli esseri umani. Le diossine possono venire prodotte come molecole indesiderate durante processi di combustione (es. fuochi all'aperto, inceneritori di vecchia generazione) e industriali (es. produzione di sostanze chimiche) e da fenomeni naturali (es. attività vulcaniche).

Dreissena polymorpha: mollusco bivalve d'acqua dolce. Organismo originario del Mar Nero e della zona del Mar Caspio; specie tra le più invasive comunemente ritrovabile nei corpi d'acqua dell'Europa centrale, America del nord e in molti laghi italiani (es. Como, Garda).

Epilimnio: è lo strato d'acqua superiore di un lago termicamente stratificato; è situato sopra il termoclinio (vedi termoclinio) o metalimnio, che lo separa dagli strati profondi (vedi ipolimnio).

Esaclorobenzene: vedi HCB.

Esaclorocicloesano: vedi HCH.

Fingerprint: si riferisce a sostanze o elementi; indicatore specifico di inquinamento.

Gamete: cellula riproduttiva o germinale matura.

Gas-cromatografia: analisi che si basa sulla diversa ripartizione di sostanze tra una fase stazionaria ed una fase mobile, in funzione dell'affinità di ogni sostanza con la fase mobile, costituita da un gas inerte.

HCB (esaclorobenzene): pesticida della famiglia degli organoclorurati. Idrocarburo polialogenato, tossico.

HCH (esaclorocicloesano): pesticida della famiglia degli organoclorurati. Idrocarburo polialogenato, tossico.

IARC ((International Agency for Research on Cancer): organismo internazionale che si occupa delle ricerche sulle cause di incidenza delle malattie di cancro sulla popolazione umana. Fa parte del WHO (World Health Organization) delle nazioni Unite.

IPA (idrocarburi policiclici aromatici): sono idrocarburi costituiti da due o più anelli aromatici, quali quello del benzene uniti fra loro, in un'unica struttura generalmente piana. Si ritrovano naturalmente nel carbon fossile e nel petrolio. La loro formazione per cause antropiche avviene nel corso di combustioni incomplete di combustibili fossili, legname, grassi, tabacco, incenso e prodotti organici in generale, quali i rifiuti urbani.

Isomero: sono detti isomeri due composti aventi stessa formula bruta e stessa composizione percentuale di atomi, ma aventi proprietà fisiche, e spesso anche comportamento chimico, differenti.

Ipolimnio: la parte più profonda di un lago stratificato termicamente, che non subisce l'azione del vento (vedi anche epilimnio).

Lindano: insetticida appartenente alla stessa famiglia chimica del DDT.

Lipide: della famiglia dei grassi, molecole organiche, presenti in natura, raggruppate sulla base delle loro proprietà comuni di solubilità: sono insolubili in acqua (idrofobici).

Livello o stato trofico: è lo stato di un lago in cui a seconda delle concentrazioni di nutrienti, di ossigeno, di trasparenza e di produzione biologica può essere classificato in oligotrofo (poco produttivo), mesotrofo (mediamente produttivo ed eutrofo (molto produttivo).

Mediana: termine statistico che sta ad indicare una media di posizione e rappresenta il valore centrale della distribuzione quando i dati sono ordinati. La mediana non è influenzata dai valori estremi della distribuzione ed inoltre, se la distribuzione è molto asimmetrica, il valore mediano è più appropriato della media aritmetica per esprimere un valore sintetico della distribuzione di valori.

Metabolita: ogni molecola che partecipa attivamente al metabolismo. Anche di sostanza derivata da un'altra.

Oocita: è la cellula uovo che fondendosi con lo spermatozoo da luogo all'embrione durante la fecondazione.

Organoclorurati: famiglia di composti organici formati per reazione con il cloro. Possono essere prodotti direttamente o indirettamente dall'uomo, tra questi si annoverano le diossine, i furani, il DDT e i PCB. Per contro, i processi naturali formano un numero molto limitato di composti organoclorurati e in quantità trascurabili.

Organofosforati (OP): costituiscono un'alternativa ai pesticidi organoclorurati aventi le seguenti caratteristiche: persistenza nell'ambiente di breve durata; alta tossicità per l'uomo e gli altri mammiferi; si concentrano nei tessuti adiposi ma vengono decomposti velocemente, quindi non sono reperibili nelle catene alimentari.

PBDE (difenileteri polibromurati): sono ritardanti di fiamma cioè composti usati per evitare o ritardare l'estendersi di fiamme in caso di incendio. Sono comunemente utilizzati in molti settori industriali tra cui quello tessile, elettronico e per la produzione di materiale plastico.

PCB (policlorobifenili): della famiglia degli organoclorurati. Classe di composti organici (= congeneri) considerati inquinanti e persistenti dalla tossicità paragonabile a quella della

diossina. I PCB venivano utilizzati in passato nella sintesi di antiparassitari, erbicidi, preservanti del legno, vernici, solventi, disinfettanti, come plastificanti nella produzione di adesivi e come fluidi dielettrici nei condensatori e nei trasformatori elettrici, ed ancora oggi utilizzati per alcuni processi industriali.

I policlorodifenili costituiscono una famiglia di 209 congeneri diversi che possono essere suddivisi in due gruppi in base alle loro proprietà tossicologiche. Un gruppo, composto da 12 congeneri, possiede proprietà tossicologiche analoghe alle diossine e viene pertanto denominato gruppo di “PCB diossino-simili” (DL-PCB); si tratta di sostanze che sono state incluse nella “Valutazione del rischio di diossine e PCB diossino-simili negli alimenti” effettuata dal comitato scientifico dell’alimentazione umana dell’Unione europea. Gli altri PCB, denominati “PCB non diossino-simili” (NDL-PCB), non sono stati valutati in passato dal comitato scientifico dell’alimentazione umana o dall’EFSA. Entrambi i gruppi di PCB (sia NDL che DL) si trovano comunemente nei mangimi e negli alimenti.

I dati sulla presenza dei NDL-PCB negli alimenti e nei mangimi sono stati rilevati con modalità diverse, per esempio come somma di tre congeneri di PCB (PCB 138, 153, e 180), come somma di sei congeneri di PCB (PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180), spesso nominati PCB indicatori, o come somma di sette congeneri (somma dei sei PCB indicatori più il PCB 118). Questa mancanza di uniformità spesso compromette il confronto diretto dei dati di concentrazione.

pg: picogrammo, 10^{-12} grammi, miliardesimo di milligrammo.

Pirolisi: la pirolisi è un processo di decomposizione termochimica di materiali organici, ottenuto mediante l’applicazione di calore e in completa assenza di un agente ossidante (normalmente ossigeno).

Seston: frazione particellata delle acque lacustri trattenuta da un filtro con maglie di 126 μm .

Stratificazione termica: fenomeno che si manifesta nei laghi con lo sviluppo di due strati discreti di acqua a temperatura diversa fra loro ma relativamente omogenea all’interno dello strato.

Suscettività magnetica: misura il grado di magnetizzazione di un materiale (es. sedimento lacustre) in corrispondenza di un campo magnetico. E’ molto elevata in minerali ferromagnetici trasportati dai fiumi e soprattutto in rocce vulcaniche.

TEC (*Threshold Effect Concentration*): livello soglia di concentrazione oltre al quale si ha un effetto sul metabolismo degli organismi.

TEF (*Toxic Equivalent Factor*): indice che consente di confrontare la tossicità relativa fra differenti composti (il TEF è relativo alla diossina più pericolosa la TCDD, 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina).

TEQ: concentrazione tossica equivalente o concentrazione equivalente di tossicità calcolata quale somma delle concentrazioni misurate dei singoli congeneri PCDD e PCDF, nonché PCDD, PCDF e DL-PCB, moltiplicata per WHO (97)-TEF.

Torbida (o torbidite): l’insieme dei materiali minuti, come argille e sabbia, trasportati in sospensione dalla corrente, e sedimentati sul fondo dei laghi.

Termoclinio o metalimnio: quella regione della colonna d’acqua in cui si ha un gradiente di temperatura maggiore di 1 °C per metro. E’ situato tra epilimnio e ipolimnio.