Inquinamento delle Catene Alimentari: criticità e possibili soluzioni

(Gianni Tamino)

Catene alimentari

Sul nostro pianeta tutta la materia utilizzata dagli organismi viventi viene trasportata e trasformata lungo cicli detti “biogeochimici”, grazie all'energia che la Terra riceve dal Sole. Con la fotosintesi clorofilliana, le piante trasformano la luce in energia chimica, incamerata negli zuccheri, che, attraverso l’alimentazione, passa negli animali erbivori e da questi ai carnivori. Questo flusso di energia, a partire dal sole, rende dunque possibile la produzione della massa primaria delle piante, e la produzione secondaria e terziaria di erbivori, carnivori, e così via, dando origine alle catene alimentari. In ogni area del pianeta avremo dunque popolazioni (diverse da area ad area) di piante, di animali (erbivori e carnivori), di funghi e di microbi decompositori ecc., in relazione tra loro e con l’ambiente inorganico circostante, in grado di utilizzare in modo ciclico le risorse naturali, costituendo specifici ecosistemi. E’ importante sottolineare che tutta la produzione naturale non dà mai origine a rifiuti, ma solo a scarti che vengono utilizzati in altri processi produttivi.

Lungo la catena alimentare avviene dunque il percorso dell'energia e delle sostanze nutritive attraverso vari organismi, che possono appartenere anche a più di una catena alimentare, formando una rete trofica. Ogni anello della catena alimentare prende il nome di livello trofico: così le piante verdi occupano il primo livello (dei produttori), gli erbivori il secondo (consumatori primari), i carnivori che mangiano gli erbivori il terzo (consumatori secondari), i carnivori che mangiano i carnivori il quarto (consumatori terziari). L’ultimo anello della catena alimentare è occupato dai decompositori, che sono anch’essi *consumatori*. Non tutti gli organismi viventi vengono mangiati, molti muoiono di morte naturale e i loro resti rimangono sul terreno o nelle acque. Inoltre ogni organismo vivente produce continuamente scarti, che si accumulano nell’ambiente. I decompositori (vermi, larve, funghi, batteri) si nutrono dei resti delle piante e degli animali e dei loro rifiuti, che demoliscono trasformandoli in sostanze minerali che si accumulano nel terreno e vengono nuovamente assorbite dalle piante.

A ogni trasferimento di energia da un organismo all’altro, o da un livello trofico all’altro, una parte cospicua dell’energia (circa l’80-90%) viene dissipata sotto forma di calore (come richiesto dal secondo principio della termodinamica). Quanto più breve è la catena alimentare, tanto maggiore sarà la quantità di energia disponibile. In altre parole man mano che si sale di livello trofico l’energia utilizzabile diminuisce e questo fatto è facilmente verificabile se si esamina il numero di organismi presenti in un ecosistema: mentre è molto elevato il numero dei produttori, il numero dei consumatori si riduce e ancor più limitato è il numero dei carnivori. Questo andamento permette di rappresentare le catene alimentari in forma di piramide alimentare, con la base occupata dagli organismi produttori e con i consumatori di terzo o quarto livello al vertice.

La catena alimentare rappresenta il punto di accesso per le sostanze presenti nell’ambiente, che così si introducono negli organismi e possono essere trasferite da un livello trofico all’altro. L’alimentazione rappresenta dunque una delle principali vie di esposizione dell’organismo animale agli inquinanti ambientali.

Molte sostanze tossiche sono persistenti, poiché resistono alla degradazione e possono percorrere anche lunghe distanze dal loro punto di emissione: la loro origine è soprattutto nelle aree industriali o nell’agricoltura intensiva. Alcune di queste sostanze costituiscono gli “inquinanti organici persistenti” (indicate generalmente con la sigla POPs, *Persistent Organic Pollutants*), che si diffondono trasportate dalle correnti dell’aria, del mare o lungo le catene alimentari.

Se da una parte l'energia alimentare si dissipa sotto forma di calore, dall'altra le sostanze tossiche persistenti si concentrano man mano che passano ai vari livelli della catena alimentare, diventando sempre più pericolose per gli organismi che occupano i livelli trofici superiori e che le assumono attraverso l'alimentazione. Approssimativamente si calcola che ogni scalino della piramide alimentare corrisponda ad un fattore di concentrazione dieci. Se il primo livello trofico contiene una concentrazione ipotetica 1 di sostanza tossica, assorbita dal terreno inquinato o dall'acqua, ogni erbivoro ne assumerà 10 e ogni carnivoro 100, ecc. Questo ragionamento vale per le sostanze non biodegradabili e bioaccumulabili, cioè per quel gruppo di sostanze chimiche che si accumulano nei tessuti degli organismi che non sono capaci di degradarle attraverso il metabolismo o di eliminarle con l'escrezione. Queste sostanze vengono introdotte nelle catene alimentari soprattutto per effetto dell'inquinamento ambientale delle acque, dell'aria e del suolo (figura 1).
Un particolare livello trofico, considerato "mobile", è quello degli onnivori, di cui fa parte anche l'uomo, che si nutrono sia di vegetali che di animali. Gli animali onnivori possono quindi utilizzare come alimento ogni organismo vivente o suoi derivati.
I prodotti di origine vegetale che oggi produciamo, sono in gran parte utilizzati nei paesi più ricchi come mangime per gli animali. Soia e mais, cioè un legume e un cereale, in ottimo equilibrio per l'alimentazione umana, si trasformano in mangimi per animali che diventano cibo per l'uomo, ma questo salto verso il livello trofico superiore (consumatori secondari o carnivori) comporta che se con i legumi e con i cereali si potevano alimentare 8-10 persone, con la carne così ottenuta se ne sfamerà solo una.
Quindi le catene alimentari che coinvolgono l'uomo possono riguardare o un solo livello trofico ("cereali, legumi, frutta e verdura") oppure due ("mangimi per animali" e "animali e loro derivati") o talora anche tre (fitoplancton, zooplancton, pesci). Ma questi salti di livello trofico comportano nuovi problemi in termini di sicurezza alimentare: qualunque inquinante persistente, presente nelle matrici ambientali, tenderà ad accumularsi e concentrarsi nei livelli trofici più elevati.

Principali inquinanti delle catene alimentari

La possibilità che il cibo venga contaminato sussiste già al momento del raccolto e rimane fino al momento del consumo. In generale, i rischi per la sicurezza alimentare, come afferma "The European Food Information Council" (2006), possono essere classificati in due categorie:

- Contaminazione microbiologica (batteri, funghi, virus o parassiti). Questa categoria provoca, nella maggior parte dei casi, sintomi acuti.
- Contaminanti chimici, tra cui sostanze chimiche presenti nell'ambiente, residui di farmaci di uso veterinario, metalli pesanti e altri residui incidentalmente introdotti nella catena alimentare durante la coltivazione, la lavorazione, il trasporto o l'imballaggio.

Sono soprattutto questi ultimi che tendono ad accumularsi e concentrarsi lungo la catena alimentare. Due casi storicamente noti sono il mercurio nel pesce e il DDT nei grassi animali.

a) <u>"Il morbo di Minamata"</u>

Minamata è un villaggio di pescatori che si affaccia sul mare del Giappone. Nel 1956 la popolazione incominciò a mostrare gravi segni di intossicazione.
I sintomi erano: sonnolenza, depressione, nausea, disturbi nervosi, diarrea e infine paralisi e morte. All'inizio non si riusciva a trovare la causa di questa strana malattia, finchè non si notò che venivano colpiti specialmente i pescatori e i gatti, la cui alimentazione era a base di pesce.

Si pensò allora di analizzare i pesci e i molluschi e le analisi rivelarono un'altissima dose di mercurio. Si scoprì infine che un vicino stabilimento industriale scaricava in mare rifiuti contenenti un'alta percentuale di mercurio. Ma mentre nell'acqua la concentrazione del mercurio era solo 30 volte più del normale, nella carne dei pesci era da 1.000 a 10.000 volte più elevata. Il mercurio si concentrava lungo le catene alimentari marine fino a diventare un pericolo mortale per l'uomo e i gatti.

b) Il DDT

Il bioaccumulo del DDT nell'ecosistema fu dimostrato dalla zoologa statunitense Rachel Carson, la cui opera *Primavera silenziosa* del 1962 diede notevole risonanza alla pericolosità dei pesticidi chimici. Molte specie di uccelli, comprese aquile e falchi pellegrini, generavano sempre un minor numero di piccoli. Dato che in quegli anni si erano fatte abbondanti irrorazioni di DDT per eliminare insetti nocivi, si cercò di stabilire se c'era una relazione fra questi due fenomeni. I risultati ottenuti furono stupefacenti (figura 1).

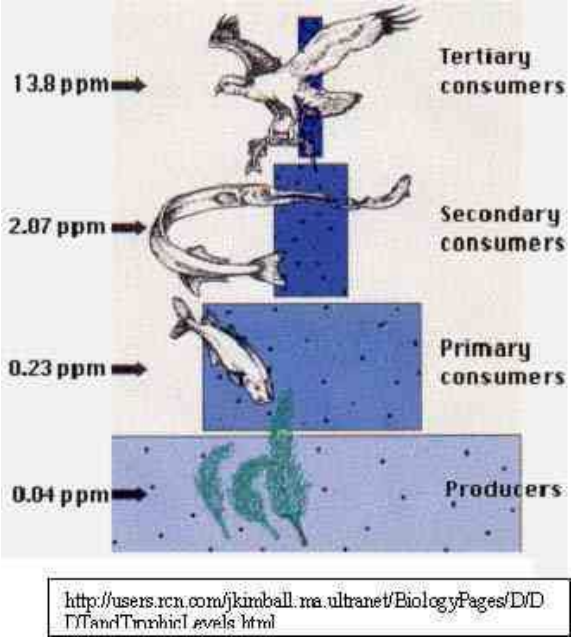

Figura 1: il bioaccumulo del DDT lungo la catena alimentare

Si è visto che se la concentrazione di DDT nel primo livello di una catena alimentare acquatica (fitoplancton) è di 0,04 ppm; nel secondo livello, costituito da pesci di piccola dimensione, diventa 0,23 ppm; salendo ulteriormente, nei pesci predatori che si nutrono dei pesci più piccoli il valore del DDT è pari a 2 ppm; infine, nel superpredatore al vertice della catena alimentare, un'aquila, la concentrazione raggiunge 14 ppm. Analogamente Misurazioni della concentrazione di DDT eseguite sul fango del lago Michigan (Stati Uniti) rivelarono solo 0,014 ppm (parti per milione), ma i gamberetti che vivevano in questo fango nutrendosi di plancton ne avevano 0,44 ppm e nei pesci la concentrazione raggiungeva 3,4 ppm. Alla fine nei gabbiani reali che si nutrivano di questi pesci la concentrazione saliva a 98,8 ppm, incominciando a provocare gravi effetti tossici.
Il DDT ha un periodo di attività di circa 30 anni e viene portato ovunque dalle acque e dai venti: è stato ritrovato nelle carni dei pinguini al Polo sud e degli orsi al Polo nord.
Il DDT e gli altri insetticidi tendono a concentrarsi nei grassi animali e di conseguenza nel cibo (latte, formaggi, uova, carni grasse). Piccole dosi di DDT sono state trovate anche nel latte di donne europee e americane.

Più recentemente, come abbiamo visto, si fa riferimento agli inquinanti organici persistenti o **Pops**. I Pops comprendono pesticidi e composti industriali, il cui uso è stato vietato da tempo (come il DDT ed i policlorodifenili PCB) nonché prodotti di combustione come le diossine.
Tutti i Pops hanno alcune caratteristiche in comune: la persistenza nell'ambiente; la capacità di bioaccumulo negli organismi viventi, in particolare nella frazione grassa dei tessuti; la tossicità cronica, con effetti soprattutto sui sistemi riproduttivo, nervoso, ed immunitario. I Pops sono tra i più importanti "Interferenti endocrini", cioè sono in grado di mimare, bloccare o modulare in modo anomalo la produzione, la funzione ed il rilascio di ormoni. Per queste caratteristiche possono alterare i meccanismi di regolazione del cervello, delle gonadi, della tiroide, e degli altri componenti del sistema endocrino, anche a dosi molto basse.
Tra i principali Pops delle catene alimentari umane vi sono altri pesticidi (oltre al DDT, ad esempio, aldrin e dieldrin, i cui tassi di trasferimento dal mangime al latte, alle uova e ai tessuti adiposi sono tra i più alti osservati per i pesticidi clorurati), ma soprattutto i PCB e le Diossine.

1) <u>PCB (policlorobifenili)</u>

I PCB, o policlorobifenili, sono un gruppo di idrocarburi aromatici policlorurati che vengono ottenuti per clorurazione diretta dei bifenili. Anche se da tempo vietati, sono ancora presenti in tutto il mondo e si trovano nei trasformatori, nei materiali da costruzione, negli oli lubrificanti, nei preservanti del legno, negli impregnanti e negli inchiostri. Sono stati dimostrati neurotossici nello sviluppo umano, tossici per la tiroide, alterano il sistema endocrino, immunitario e riproduttivo, sono associati a deficit cognitivi nei bambini, se assunti in fase prenatale. Sono sostanze persistenti nel sangue umano e nel latte materno e sono caratterizzate dalla capacità (analogamente a quanto visto per il DDT) di bioaccumulo, entrando nella catena alimentare con carni, pesci e latticini (figura 2).

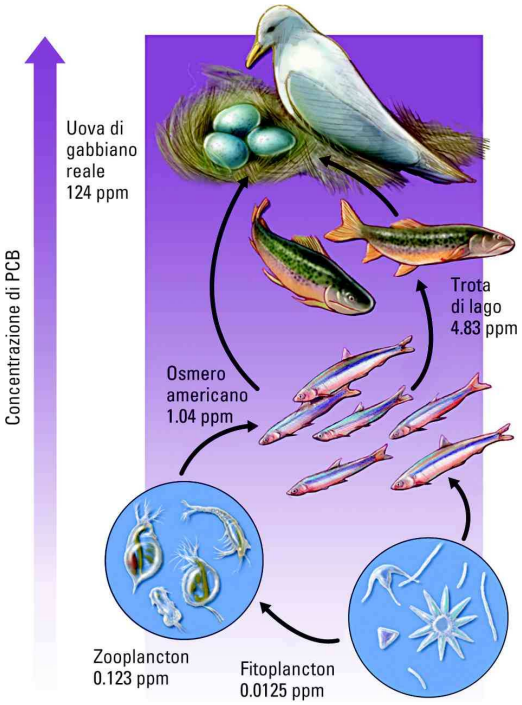

Figura 2: concentrazione di PCB lungo la catena alimentare

2) Diossine

Le diossine sono sottoprodotti della fabbricazione di determinate sostanze chimiche industriali, dell'incenerimento o della combustione. Sono contaminanti che rimangono nell'ambiente per molti anni e possono arrivare agli alimenti. Queste sostanze si depositano sulle piante, e in particolare sul foraggio, che viene poi mangiato dagli animali. La diossina si concentra nei tessuti adiposi del bestiame e del pesce. Oltre il 90% dell'esposizione umana alla diossina avviene attraverso gli alimenti; quelli di origine animale rappresentano in genere circa l'80% dell'esposizione totale.
Le diossine rilasciate in aria vengono trasportate nelle superfici marine e finiscono per concentrarsi lungo la catena alimentare acquatica. Dagli studi condotti finora si è visto che le diossine tendono a concentrarsi maggiormente nei grassi dei bovini da carne e da latte, dei polli, dei maiali e dei pesci. A parità di esposizione, più lunga è la vita dell'animale, più alto è l' accumulo di diossina nel tessuto adiposo.
Oltre alla contaminazione provocata da impianti come gli inceneritori, vi sono stati alcuni incidenti provocati soprattutto da mangimi contaminati, come il pollo alla diossina in Belgio, nel 1999, e maiale e bovini alla diossina in Irlanda nel2008.

Vanno infine ricordati altri inquinanti delle catene alimentari umane, recentemente riportati dalle cronache, come la melamina (aggiunta volontariamente nei mangimi e nel latte per far figurare una maggiore concentrazione proteica), il bisfenolo(A), presente nei contenitori di policarbonato, come i biberon in plastica, i radionuclidi (ad esempio emessi da centrali nucleari, come avvenne a Cernobyl) e vari metalli pesanti.

Criticità e proposte

Oggi il cibo prodotto nel campo viene trasformato a livello industriale e distribuito soprattutto attraverso grandi catene commerciali. Tutto ciò comporta rischi che vanno "dal campo alla tavola".
Il Libro Bianco della Commissione Europea sulla sicurezza alimentare, che ha avuto origine dagli scandali di mucca pazza e del pollo alla diossina, ma anche dalle preoccupazioni per gli OGM, pone l'accento sulla necessità di ritrovare la fiducia dei cittadini a partire da reali garanzie di sicurezza dei cibi. Ciò richiede conoscenze scientifiche adeguate, controlli, sistemi di certificazione, anche etici ed ambientali, in un nuovo rapporto tra economia ed esigenze sociali
Occorre ripristinare in agricoltura e negli allevamenti un uso sostenibile delle materie prime senza compromettere i cicli naturali, per garantire al cittadino prodotti di qualità. Ciò richiede un attento controllo di tutta la filiera produttiva e la possibilità di individuare eventuali punti critici (tracciabilità).
La qualità e la sicurezza del cibo dipende dagli sforzi di tutte le persone coinvolte nella complessa catena della produzione agricola, della lavorazione, del trasporto, della preparazione, fino al consumo. In base alla definizione dell'Unione Europea, la sicurezza alimentare è una responsabilità condivisa dal campo alla tavola.
Per mantenere la qualità e la sicurezza degli alimenti in tutta la catena alimentare sono necessarie, da un lato, procedure operative per garantire la salubrità dei cibi e, dall'altro, sistemi di monitoraggio per garantire che le operazioni vengano effettuate correttamente.