

# INQUINAMENTO DA FARMACI NELLE ACQUE DOLCI E MARINE

I FARMACI A USO UMANO E VETERINARIO SONO CONTAMINANTI DI EMERGENTE PREOCCUPAZIONE PRESENTI IN TUTTI GLI AMBIENTI STUDIATI, CON EFFETTI DELETERI PER GLI ORGANISMI DI ACQUA FLUVIALE E MARINA. OCCORRONO PIÙ DATI PER CONOSCERE LA SITUAZIONE NEI CORPI IDRICI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA.

Nel corso dell'ultimo secolo l'utilizzo di farmaci è aumentato esponenzialmente e ciò ha portato a una costante presenza di questi composti all'interno degli ecosistemi naturali, soprattutto quelli acquatici. Queste sostanze sono dei composti bioattivi, creati per essere efficaci anche a basse concentrazioni che, a causa della loro continua dispersione in ambiente, costituiscono un pericolo per tutte le specie acquatiche. Per questi motivi, si rende necessario monitorare l'inquinamento farmaceutico per valutare correttamente i rischi ambientali e quelli correlati alla salute umana.

I farmaci fanno parte di un grande gruppo di composti indicati come *Pharmaceuticals and personal care products* e si calcolano circa 4.000 componenti attivi utilizzati nella sintesi farmaceutica. Quelli maggiormente impiegati dall'uomo includono antinfiammatori, psicofarmaci, beta-bloccanti, farmaci estrogenici e antibiotici. In generale, le prime cause della presenza di farmaci all'interno degli ecosistemi fluviali e, di conseguenza, marino-costieri, sono i farmaci a uso umano che non vengono completamente metabolizzati dall'organismo e sono rilasciati come molecole ancora attive nelle acque di scarico. Infatti, gli impianti di trattamento delle acque reflue mostrano grandi limiti nella capacità di trattenere le molecole farmaceutiche che permangono nelle acque di scarico che si riversano nei fiumi e da qui in mare. Inoltre, spesso i farmaci vengono eliminati come normali rifiuti contribuendo così all'inquinamento ambientale. Un contributo diretto, ma complessivamente inferiore, è rappresentato dagli allevamenti animali e dallo spargimento delle deiezioni animali in agricoltura, dall'acquacoltura e dagli scarichi dell'industria farmaceutica (figura 1). A causa del

## PRESENTAZIONE DELLA RELATRICE

Nella *Watch list* 2022 la Commissione europea riporta 26 sostanze da sottoporre a monitoraggio nelle acque superficiali per definire i contaminanti prioritari e stabilire standard di qualità ambientale. Tra esse risultano antibiotici, antidepressivi e, nuovo entrato, il farmaco antidiabetico metformina e il derivato guanilurea. I farmaci sono presenti anche nella proposta di revisione della direttiva 2000/60/CE, così come nella *Watch list* per le acque sotterranee di futura introduzione. I farmaci ambientali sono fra i protagonisti della strategia del *Green deal* Ue nell'ambito dello *Zero pollution action plan*. Per le acque marine e costiere non sono ancora previste le azioni di cui sopra, anche se il mare è il ricettacolo finale dei farmaci contenuti nelle acque provenienti dall'entroterra. Non è possibile eliminare o ridurre l'uso dei farmaci, ma occorre tenere ben presente che possono avere effetti deleteri per l'ecosistema e per l'uomo. Quindi è necessario monitorarne le concentrazioni, individuare i punti di rilascio e potenziare i depuratori, almeno verso i farmaci prioritari. Ai ricercatori il compito di stabilire quali siano i farmaci prioritari studiandone gli effetti in ambiente e sviluppare rapidi e specifici test, ai cittadini il compito di una più accorta eliminazione dei rifiuti farmaceutici.

### Elena Fabbri

Professoressa ordinaria di Fisiologia, Dipartimento di Scienze biologiche, geologiche e ambientali (Bigea), Università di Bologna

continuo uso e dispersione in ambiente, i farmaci assumono un comportamento di pseudo-persistenza che rende fondamentale caratterizzare il loro bioaccumulo e gli effetti biologici sugli organismi. In aggiunta a questo, all'interno degli ecosistemi acquatici, questi composti si combinano tra di loro e/o con altri inquinanti chimici, rendendo gli studi più difficili ma altrettanto importanti.

In merito agli effetti individuati sugli organismi acquatici, i principali riguardano:

- alterazione del sistema endocrino, riproduzione e sviluppo: ad esempio, il rilascio di residui di ormoni sessuali naturali (estrogeni, androgeni) o sintetici (anticoncezionali o terapie sostitutive) aumenta la presenza di estrogeni a livello ambientale. Nei pesci queste molecole sono coinvolte in processi come differenziazione delle gonadi e sviluppo dei caratteri sessuali secondari ed è stato notato come, negli individui maschili esposti per lunghi periodi anche a basse concentrazioni di queste sostanze, si verifichi il



fenomeno della femminilizzazione con conseguenze nella riduzione della fertilità e sul tasso di popolazione

- antibiotico-resistenza dei batteri: porta a conseguenze gravi su pesci, mammiferi e uccelli soprattutto in prossimità delle zone costiere dove l'accumulo di antibiotici è maggiore. Tuttavia l'effetto più temuto, sebbene non ancora dimostrato, è quello a livello umano
- alterazioni del comportamento: alcuni farmaci come antinfiammatori

non steroidei (Fans), antidepressivi e beta-bloccanti causano alterazioni comportamentali con interruzione delle interazioni ecologiche e conseguenze sulla struttura della rete alimentare e sulle funzioni ecosistemiche

- bioaccumulo sia all'interno dei tessuti degli organismi sia a diversi livelli trofici con effetti a lungo termine e conseguenze più severe sui predatori apicali
- alterazione della comunità ecosistemica: sono influenzati i cicli dei nutrienti, la composizione della comunità microbica e la produttività primaria, ciò porta al declino di alcune specie e alla proliferazione di altre con particolari alterazioni della *fitness* degli individui e dei comportamenti di predazione e competizione.

L'inquinamento da farmaci colpisce gli ambienti acquatici di ogni parte del mondo. In particolare, a livello fluviale, l'inquinamento farmaceutico risulta maggiore per quanto riguarda i paesi a basso e medio reddito e per le aree caratterizzate da una scarsa gestione delle acque di scarico e dei rifiuti, ma anche dalla presenza di industrie farmaceutiche. In queste zone, le sostanze maggiormente ritrovate sono farmaci con effetto sul sistema nervoso (ad esempio carbamazepina, citalopram), beta-bloccanti (ad esempio propranololo), metformina e caffeina, quest'ultima anche in relazione a un determinato stile di vita. Tra questi, la carbamazepina ha l'effetto di ridurre l'eccitazione neuronale, ad esempio in occasione di epilessia o dolori del trigemino, ma rispetto agli altri farmaci ha la caratteristica di essere più persistente (fino a cento giorni di vita media in ambiente).

In generale, dagli studi internazionali emerge come l'inquinamento farmaceutico sia ormai diffuso in tutti gli ambienti acquatici. Tuttavia, sebbene siano presenti molti studi che attestino gli effetti avversi dei farmaci per gli animali presenti in ambiente acquatico, le concentrazioni osservate a livello fluviale ( $\mu\text{g/l}$  -  $\text{ng/l}$ ) e marino ( $\text{ng/l}$ ) non sono considerate pericolose per l'uomo.

In Italia diversi studi hanno cercato di indagare la presenza di farmaci in ambiente fluviale e marino. Tra questi, solamente alcuni si sono concentrati in Emilia-Romagna prendendo in considerazione il fiume Po ma non, ad esempio, anche altri importanti corsi d'acqua come il Reno e il Lamone. Per quanto riguarda l'ambiente marino, attualmente le uniche ricerche che

hanno interessato la regione fanno riferimento al mare Adriatico senza considerare, nello specifico, il tratto di costa emiliano-romagnola.

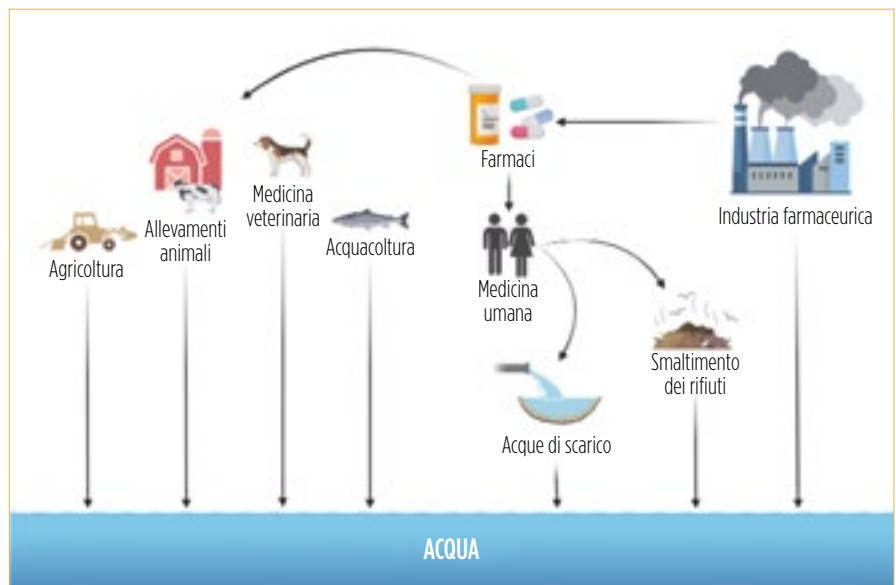
In generale, la situazione a livello italiano e regionale rispecchia quella già analizzata a livello mondiale. Infatti, i farmaci maggiormente ritrovati nei campioni del Po appartengono alle classi terapeutiche di antibiotici, farmaci con azione sul sistema cardiovascolare e gastrointestinale, diuretici, estrogeni, Fans, psicofarmaci e regolatori lipidici (*tabella 1*). Riguardo all'accumulo di residui farmaceutici in mar Adriatico, questo è stato indagato in organismi di *Mytilus galloprovincialis* dove i composti maggiormente ritrovati sono stati carbamazepina (ritrovata nel 90% degli individui analizzati), paroxetina (nel 40%), lormetazepam (nel 30%), valsartan (nel 50%) e diclofenac (nel 31%).

In conclusione, per quanto riguarda l'Emilia-Romagna, sono necessari

più studi che analizzino questa problematica nei fiumi così come nell'ambiente costiero che, oltre a ricevere le acque del Po e di altri fiumi che attraversano aree fortemente antropizzate, è ampiamente sfruttato sia per il turismo durante la stagione estiva, sia per l'acquacoltura. Come intuibile, l'inquinamento da farmaci è legato alla popolazione che insiste sull'area e, quindi, è altrettanto importante sensibilizzare l'opinione pubblica a eliminare in maniera corretta, presso le farmacie, i farmaci non utilizzati o scaduti. D'altra parte, a livello mondiale, è indispensabile ideare dei nuovi processi e impianti di trattamento delle acque reflue per poter migliorare l'efficienza di rimozione e per ridurre l'ingresso di farmaci in ambiente acquatico.

**Sofia Piana**

Arpa Emilia-Romagna



**FIG. 1 DIFFUSIONE FARMACI**  
Principali settori che contribuiscono alla dispersione di farmaci nell'ambiente.

**TAB. 1 TIPOLOGIA DI FARMACI**

Principali farmaci ritrovati nelle acque del fiume Po e del mare Adriatico con relative classi terapeutiche. Sono qui inclusi anche esempi di metaboliti che in molti casi possono avere attività biologica.

Classe terapeutica	Farmaci
Antibiotici	amoxicillina, lincomicina, claritromicina, eritromicina, ciprofloxacina, ofloxacina, vancomicina
Cardiovascolari	atenololo, enalapril, valsartan
Diuretici	furosemide, idroclorotiazide
Estrogeni	ciclofosfamide, 17 $\beta$ estradiolo, 17 $\alpha$ etinilestradiolo, estrone
Fans	diclofenac, ibuprofene, ketoprofene, paracetamolo, naprossene, acido acetilsalicilico
Gastrointestinali	ranitidina
Psicofarmaci	diazepam, carbamazepina, lormetazepam, paroxetina
Regolatori lipidici	bezafibrato, atorvastatina
Metaboliti	acido clofibrico, demetil diazepam