

PERCHÉ UN MASTER IN AMBIENTE E SALUTE

SI È RECENTEMENTE CONCLUSO IL MASTER DI SECONDO LIVELLO IN “AMBIENTE E SALUTE” DELL’UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, PROMOSSO DA ARPAE, DI CUI PRESENTIAMO GLI ELABORATI DI FINE CORSO. UN PERCORSO FORMATIVO CHE HA INTEGRATO SAPERI INDISPENSABILI PER UNA SEMPRE PIÙ EFFICACE PREVENZIONE DELLE PATOLOGIE DI ORIGINE AMBIENTALE.

La tematica di ambiente e salute è una delle più complesse nel campo delle politiche di sanità pubblica per la prevenzione delle patologie di origine ambientale. Negli ultimi anni la necessità di declinare i molteplici aspetti di questa relazione e di trovare percorsi di integrazione tra le molte discipline che la compongono ha messo in luce anche l'esigenza di rafforzare e completare i curriculum accademici che aprono alle professioni sanitarie e di creare una base culturale comune su cui i diversi professionisti possano costruire una risposta efficace alle sfide che la tematica di ambiente e salute pone.

La necessità di percorsi formativi universitari e post-universitari dedicati era stata affrontata, e discussa nel dettaglio, in un sottogruppo di lavoro della *task force* Ambiente e salute presso il Ministero della Salute, durante il biennio di operatività 2016-2018. Il documento finale proponeva un curriculum ideale con l'obiettivo di unificare e integrare le conoscenze delle diverse figure professionali che, a vario titolo, avrebbero intrapreso una carriera lavorativa nelle strutture pubbliche maggiormente coinvolte nella trattazione dei temi di ambiente e salute. Fra i diversi, possibili percorsi formativi analizzati e proposti, il master post-laurea rappresentava lo strumento più flessibile e immediato per coinvolgere laureati nelle diverse discipline, anche quelle proprie di professioni non sanitarie, ma a pieno titolo coinvolte in quella *scienza dell'esposizione* che fa da cornice di riferimento e collante della tematica di ambiente e salute.

Arpae si è fatta, dunque, promotrice di questa proposta presso l'Università di Bologna, con cui erano già stati intrapresi altri percorsi formativi nel campo del *management* ambientale e del monitoraggio ambientale. Fondamentale è stato l'incontro con il professor Marco Domenicali, del

Dipartimento di Medicina e chirurgia dell'Università di Bologna, con cui è stata chiara fin dal primo incontro, la comunanza di interessi e di obiettivi per far crescere e sviluppare l'idea iniziale in un percorso formativo che integrasse il sapere e l'insegnamento accademico, base fondante della formazione, con l'esperienza degli addetti ai lavori, professionisti del sistema agenziale (Snpa, Sistema nazionale di prevenzione ambientale), dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (Ispra), dei Dipartimenti di sanità pubblica, delle strutture di ricerca nazionali e internazionali.

È nato, così, sotto la sapiente direzione del professor Domenicali, e con il pieno supporto della fondazione Flaminia, il primo master di Ambiente e salute, proposto per l'anno accademico 2021-2022. Un master di secondo livello, inteso a “formare i professionisti che lavorano o intendono lavorare nelle equipe di Dipartimenti di sanità pubblica che notoriamente necessitano di approcci multidisciplinari per comprendere la complessa interazione che lega l'ambiente con la salute così da affiancare i medici per la *public health management* e per il *risk assessment*”.

Il master nasce in un periodo particolarmente felice e fecondo per la tematica di riferimento. Ad aprile 2022, viene istituito il Sistema nazionale prevenzione salute dai rischi ambientali e climatici (Snps), come parte degli interventi finanziati dal Piano nazionale complementare al Piano nazionale di ripresa e resilienza (Pnc/Pnrr). Lo stesso Pnc supporta il finanziamento di 14 progetti di ricerca sulle tematiche di salute, ambiente, biodiversità e clima e di progetti di formazione sullo stesso tema, che vedono una collaborazione sempre più stretta e convinta fra Snps/Srps e Snpa e un'attenzione crescente e concreta allo sviluppo di nuovi e più consolidati approcci ai temi più caldi dell'interazione

ambiente e salute, l'inquinamento dell'aria *outdoor* e *indoor*, la salute delle acque, la digitalizzazione, le infrastrutture verdi, per citare solo quei temi che la felice congiuntura temporale ci ha permesso di trattare e ampliare all'interno del master, con efficaci interventi da parte di professionisti coinvolti operativamente e a pieno titolo in queste tematiche. Il percorso del master si è completato a luglio 2023 con la presentazione dei lavori di tesi e di *project work* nella suggestiva cornice della Casa Matha, a Ravenna. Gli argomenti scelti dagli studenti, sotto la guida dei loro relatori, e sulla base dell'interesse stimolato nei lunghi weekend di lezioni e discussioni d'aula, sono l'immagine di quella molteplicità di aspetti, di quella necessità di approcci multidisciplinari che la tematica ambiente e salute richiede e a cui abbiamo già accennato. Per questo motivo, Arpae ha accettato con entusiasmo l'idea di curare su questo numero di *Ecoscienza* una raccolta dei contributi degli studenti che illustrino gli argomenti dei loro elaborati di fine corso, accompagnati da un breve commento dei loro relatori sul significato che ogni singolo tema riveste nella tematica generale di ambiente e salute.

Gli ottimi risultati raggiunti ci rafforzano nell'idea che il master appena concluso debba essere considerato un prototipo di iniziative formative da realizzare nel prossimo futuro, facendo tesoro anche dei suggerimenti raccolti dai docenti e dagli studenti in questi mesi passati e mirando a un sempre maggiore coinvolgimento di tutti coloro che fanno della tematica di ambiente e salute il terreno fertile per una sempre più efficace prevenzione primaria.

Giuseppe Bortone

Direttore generale, Arpa Emilia-Romagna

BIOPLASTICHE IN AMBIENTE MARINO: EFFETTI DEGLI ADDITIVI

LE BIOPLASTICHE OGGI IN COMMERCIO NECESSITANO ANCORA DI MIGLIORAMENTI PER ESSERE SOSTITUITI SOSTENIBILI DELLE PLASTICHE CONVENZIONALI, PER GLI ELEVATI TEMPI DI DEGRADAZIONE RISCONTRATI IN AMBIENTE NATURALE E A CAUSA DEL RILASCIO DI ADDITIVI POTENZIALMENTE PERICOLOSI PER LA SALUTE.

Le plastiche sono materiali formati da un ampio numero di polimeri organici diversi tra loro e sarebbe corretto, pertanto, usare il termine plurale. Tuttavia, è assai più comune l'uso generico del nome singolare plastica. La plastica è un materiale versatile, resistente, economico, durevole, e per questo ha contribuito a numerosi progressi tecnologici, interessando fra gli altri l'edilizia, l'industria automobilistica, gli imballaggi e la conservazione del cibo. Questo ha comportato un aumento della produzione che è passata da 1,5 milioni di tonnellate nei primi anni 50 del 1900 fino a 390 milioni di tonnellate all'anno nel 2021, tanto che gli scienziati fanno riferimento a questo periodo definendolo "età della plastica". A causa del grande uso e della sua estrema durabilità la plastica oggi rappresenta uno dei principali rifiuti che inquina l'ambiente terrestre e acquatico.

È ben noto il fenomeno della frammentazione delle plastiche, attraverso cui si formano micro- e nanoplastiche, ma un problema meno conosciuto è legato al rilascio di additivi, sostanze aggiunte durante le fasi di produzione per migliorare la qualità dei prodotti finali. Gli additivi hanno diverse funzioni, fra cui quelle di plastificanti, ritardanti di fiamma, stabilizzanti, antiossidanti e pigmenti, e possono costituire una percentuale rilevante del materiale commercializzato. Fra essi sono presenti composti organici come bisfenolo A, ftalati, ritardanti di fiamma bromurati, sostanze per le quali sono dimostrati da anni effetti avversi sugli organismi viventi, oltre a metalli come alluminio, cobalto, nichel, stagno, zinco ecc. Gli additivi, per la maggior parte, non sono legati in maniera covalente ai polimeri; pertanto, nel tempo tendono a essere rilasciati nel mezzo circostante.

Dato il problema di accumulo di plastica nell'ambiente, la ricerca ha sviluppato nuovi tipi di materiali plastici "sostenibili"

PRESENTAZIONE DELLA RELATRICE

Per promuovere l'economia circolare e mitigare l'inquinamento ambientale, l'industria delle bioplastiche ha iniziato a eliminare gradualmente i polimeri derivati dai prodotti petrolchimici. Si tratta di un'azione meritoria, ma non sufficiente dato che le bioplastiche in commercio contengono anche additivi potenzialmente dannosi. La plastica scartata spesso finisce nell'oceano, dove molte sostanze chimiche che dalle plastiche sono rilasciate nell'ambiente acquatico si sono rivelate tossiche per gli organismi marini. Sono quindi urgenti maggiori informazioni sui contaminanti di emergente preoccupazione (bisfenoli, ftalati ecc.) e altre sostanze presenti come additivi nelle bioplastiche, che i produttori non forniscono. D'altra parte, non sono disponibili protocolli standardizzati per ottenere e caratterizzare in laboratorio le sostanze chimiche rilasciate dalle bioplastiche, così come dalle plastiche convenzionali. Nella chiara impossibilità di ottenere una lista completa degli additivi rilasciati in mare e la loro tossicità, è fondamentale utilizzare approcci chimici e biologici integrati per valutare i rischi associati alle esposizioni alle miscele di sostanze chimiche rilasciate dai diversi prodotti destinati al commercio. Importante anche la collaborazione dei produttori di nuove bioplastiche con i ricercatori, per identificare alternative sostenibili e più sicure evitando *ab origine* lo sversamento di rifiuti tossici negli oceani.

Elena Fabbri

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

chiamati bioplastiche, creati con l'intento di degradarsi più velocemente e causare danni minori quando dispersi in ambiente. Un materiale plastico si può definire "bio" se:

- 1) è costituito di polimeri che hanno caratteristiche di biodegradabilità, e può essere mineralizzato tramite attività di microrganismi portando alla formazione di CO₂, acqua e biomassa
- 2) oppure è ottenuto almeno in parte da quei materiali che contengono carbonio organico originato da fonti rinnovabili come amido, cellulosa e zucchero, contrapponendosi così alle plastiche originate da fonti fossili e non rinnovabili come il petrolio. Va sottolineato quindi che una bioplastica basata su materiale biologico non è necessariamente biodegradabile, viceversa bioplastiche prodotte da fonti fossili possono essere biodegradabili. Esistono quindi bioplastiche non degradabili costituite da materiali a base biologica, bioplastiche a base biologica e biodegradabili, e bioplastiche biodegradabili costituite da materie prime di origine fossile.

Secondo la Direzione generale della Commissione europea per l'Ambiente sono sei i principali polimeri considerati bioplastiche: le miscele di amido, l'acido polilattico (Pla), i poliidrossialcanoati (Pha), il polibutilene succinato (Pbs), il policaprolattone (Pcl) e il polibutilene adipato-co-terefalato (Pbat). In particolare, Pla, Pha e le miscele di amido sono sia biodegradabili sia prodotte da fonti organiche rinnovabili; mentre Pbs, Pcl e Pbat sono polimeri biodegradabili originati da fonti fossili (figura 1). Le bioplastiche costituite da questi polimeri possono anche essere prodotte in maniera composita, ad esempio come combinazioni Pbat/Pla e Pbat/amido.

La degradazione delle bioplastiche in ambiente marino si compone di tre fasi: la frammentazione a opera di fattori abiotici (es. onde, temperatura, abrasione della sabbia, raggi Uv) e biotici (attività di microrganismi); l'idrolisi interviene poi come reazione di depolimerizzazione, passando da polimeri a oligomeri e monomeri mediante l'attività di



FOTO: BRIAN YURATIS - UNSPLASH

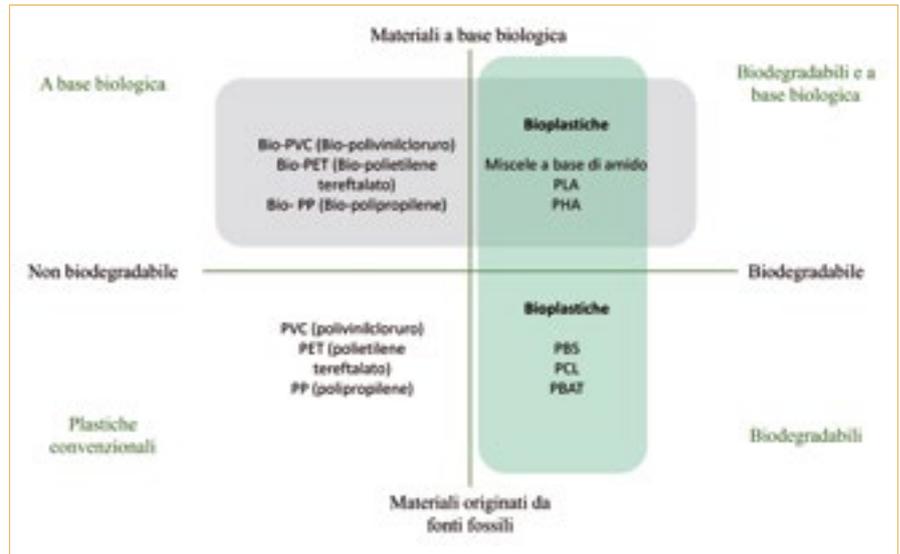


FIG. 1 BIOPLASTICHE
Classificazione delle bioplastiche.

microrganismi che utilizzano enzimi; infine la biodegradazione dove vengono degradati i prodotti formati dall'idrolisi, che si divide a sua volta in due fasi: l'assimilazione e la mineralizzazione. In questa ultima fase i microrganismi trasformano il carbonio della plastica in CO₂, acqua, composti inorganici e biomassa (figura 2). Tuttavia, studi del Centro nazionale delle ricerche (Cnr) insieme ad altri enti di ricerca hanno dimostrato che il grado di invecchiamento e degradazione di polimeri di plastica biodegradabile in acqua di mare è lento e simile a quello di altri polimeri di plastiche convenzionali. In pratica, la degradazione delle bioplastiche in ambiente naturale ha tempi molto più lunghi rispetto a quelli che si verificano in condizioni di compostaggio industriale, vanificando almeno in parte i vantaggi prospettati per questi materiali. Inoltre, anche le bioplastiche contengono additivi. Le materie prime utilizzate per la produzione delle bioplastiche hanno caratteristiche fisiche e chimiche meno performanti che necessitano di un maggiore utilizzo di additivi per la produzione di prodotti finali ottimali. Essendo le bioplastiche create con l'intento di degradarsi rapidamente, gli additivi possono essere rilasciati in ambiente marino più facilmente causando danni agli organismi e agli ecosistemi. Gli studi circa il rilascio di additivi dalle bioplastiche in ambiente marino sono recentissimi, così come quelli sugli effetti che le miscele di additivi trovati nell'acqua di mare hanno sugli organismi marini. Da questi studi emerge chiaramente come anche le bioplastiche, non diversamente dalle plastiche

convenzionali, contengano centinaia di additivi di varia natura e li rilascino in tempi brevi nell'acqua di mare in cui sono immerse. Gli additivi rilasciati dalle diverse bioplastiche di comune uso commerciale (piatti, bicchieri, sacchetti ecc.) sono diversi ma fra essi sono stati comunemente individuati ritardanti di fiamma, filtri solari, antiossidanti, ftalati, bisfenolo A, biocidi clorurati, bromurati e iodinati e metalli in traccia, oltre a centinaia di altre sostanze non ancora identificate. Utilizzando a diverse diluizioni l'acqua di mare contenente le miscele di additivi rilasciati nei diversi esperimenti, sono stati effettuati studi su batteri marini, ricci di mare e mitili, evidenziando effetti di tossicità che vanno dalla riduzione del metabolismo nei batteri alle alterazioni dello sviluppo embrionale di ricci e mitili, dalla ridotta fecondazione dei gameti nei mitili, all'alterazione di parametri fisiologici come la funzione delle cellule immunitarie nei mitili adulti. In generale, i risultati ottenuti da studi sulle bioplastiche hanno evidenziato risposte equiparabili all'esposizione degli organismi ai percolati da plastiche convenzionali, riconducibile alla presenza degli additivi o di sostanze note come Nias (*non intentionally added substances*), ovvero sostanze aggiunte non intenzionalmente, che vengono rilasciate nell'acqua in tempi successivi alla produzione. In conclusione, anche se tra le bioplastiche esistono ampie differenze nel contenuto e nella tossicità degli additivi rilasciati, va comunque considerato che esse contribuiscono a inquinare l'ambiente. Le bioplastiche necessitano

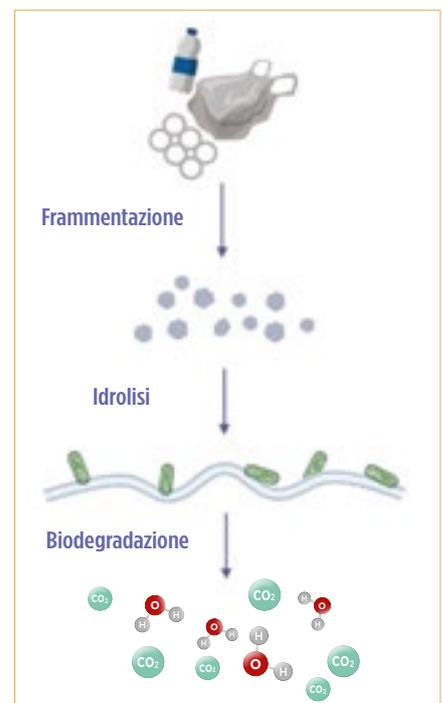


FIG. 2 DEGRADAZIONE
Fasi della degradazione delle bioplastiche in ambiente marino (immagine creata con BioRender.com).

ancora di miglioramenti per essere sostituiti sostenibili delle plastiche convenzionali, sia per gli elevati tempi di degradazione riscontrati in ambiente naturale, sia a causa del rilascio di additivi potenzialmente pericolosi per la salute. Va quindi continuata una corretta azione di smaltimento e riciclo, evitandone l'abbandono in ambiente.

Serena Scala

Laureata magistrale in Biologia marina

ONDATE DI CALORE E TUTELA DELLA SALUTE PUBBLICA

I CAMBIAMENTI CLIMATICI SONO DESTINATI AD ASSUMERE UN RUOLO SEMPRE PIÙ RILEVANTE ALL'INTERNO DELLE ATTIVITÀ DI PREVENZIONE E MONITORAGGIO DEI DIPARTIMENTI DI SANITÀ PUBBLICA SOPRATTUTTO NEI CONFRONTI DELLA POPOLAZIONE PIÙ VULNERABILE ALLE ONDATE DI CALORE. I RISULTATI DELL'ANALISI SVOLTA IN PROVINCIA DI PARMA.

Le alte temperature sono destinate ad assumere un ruolo sempre più rilevante all'interno degli eventi legati ai cambiamenti climatici; al contempo la quota di popolazione vulnerabile al caldo è destinata ad aumentare, per i processi di invecchiamento e per la tendenza a concentrarsi sempre di più nelle zone urbanizzate. Questi fenomeni rendono ancora più rilevante il ruolo degli enti in grado di monitorare e diramare le allerte meteo per le ondate di calore, della Sanità pubblica, con i relativi piani di prevenzione che favoriscono i processi di adattamento per ridurre gli impatti del caldo, e delle istituzioni in grado di gestire i processi di pianificazione urbanistica con lo scopo di attenuare e mitigare gli effetti delle isole di calore urbano. È in quest'ottica che il nostro lavoro intende analizzare gli eventi sanitari legati alle alte temperature nella provincia di Parma, suddivisa in capoluogo, pianura e montagna, al fine di avere un riscontro di una realtà locale caratterizzata da diverse condizioni meteo-climatiche, e di considerare l'applicabilità di modelli di analisi per eventuali monitoraggi futuri. L'obiettivo è stato quindi quello di valutare l'impatto dei mesi più caldi dell'anno, attraverso diversi indicatori di temperatura, sui più solidi esiti di salute quali mortalità

PRESENTAZIONE DEL RELATORE

Il project work di Elisa Mariani ha riguardato un'analisi degli effetti delle alte temperature sulla salute della popolazione residente nella provincia di Parma, negli anni 2010-2022. Si tratta di un argomento molto rilevante e sempre più attuale nel panorama delle indagini sul legame tra ambiente e salute. È stato valutato l'effetto dei mesi più caldi su esiti di salute consolidati (mortalità e ricoveri), relativamente alla popolazione over-65, più suscettibile agli effetti dell'aumento delle temperature. Nonostante la potenza statistica bassa rispetto ad altri studi multicentrici presenti nella letteratura epidemiologica, l'aspetto innovativo è stato di considerare una realtà locale caratterizzata da diverse condizioni meteo-climatiche. Emerge un'indicazione interessante su effetti maggiori relativi alle aree di montagna, che merita sicuramente una verifica della robustezza del risultato su popolazioni più ampie. Il lavoro proposto offre spunti interessanti per approfondimenti su aree più estese e fornisce indicazioni utili per specifiche misure di prevenzione su un tema di grande attualità che sarà sempre più rilevante nell'ambito della prevenzione ambientale-sanitaria.

Andrea Ranzi

Struttura tematica Ambiente, prevenzione e salute, Arpa Emilia-Romagna

e ricoveri, nella popolazione over-65, considerata quella più suscettibile agli effetti dell'aumento delle temperature.

Metodo di analisi

Lo studio è di tipo osservazionale ecologico retrospettivo basato su serie temporali e giornalieri e riguarda i mesi della stagione calda (maggio-settembre) degli anni dal 2010 al 2022. Per ogni giorno sono stati raccolti i dati relativi

a esiti sanitari e a variabili ambientali, nello specifico: il numero di decessi per tutte le cause, per cause cardiovascolari e cause respiratorie, e il numero dei ricoveri per cause cardiovascolari e respiratorie; temperatura media, umidità relativa media, indice di Thom (usato per la definizione delle ondate di calore) e PM_{10} ; è stata costruita la variabile temperatura apparente, utilizzando l'indice di calore, che utilizza la misura della temperatura dell'aria e la percentuale dell'umidità relativa, calcolato in gradi Celsius. L'analisi



FOTO: REGIONE ER - CASELLI NIRMAL MARCO

descrittiva ha riportato l'andamento annuale delle concentrazioni del PM₁₀, dei dati meteorologici sia misurati (temperatura media giornaliera) sia derivati (temperatura apparente e ondate di calore) e degli eventi sanitari. Sono state eseguite due analisi per valutare gli effetti delle alte temperature sulla salute: la prima è una regressione che ha confrontato i giorni con presenza di ondate di calore rispetto a quelli privi di ondate; la seconda è un modello di serie temporale dove l'effetto del caldo è espresso come rischio relativo associato al 99° percentile rispetto al 75° della temperatura apparente.

Risultati emersi e discussione

Dall'analisi descrittiva emerge, come previsto, la presenza di ondate di calore con poca numerosità e bassa intensità nella regione montuosa rispetto alla zona di pianura e quella di città; questo aspetto è confermato anche dall'andamento della temperatura apparente che è marcatamente inferiore in montagna rispetto alla città. È interessante osservare, a partire dal 2015, un generale aumento del numero e dell'intensità delle ondate di calore. Il dato più significativo emerso dall'analisi di regressione sulle ondate di calore è l'eccesso di rischio sia nella mortalità sia nei ricoveri per cause respiratorie, con una maggior evidenza nell'area di montagna. Questo aspetto è stato confermato dai risultati emersi dall'analisi di serie temporale dove si evidenzia un effetto delle alte temperature anche per mortalità generale e per cause cardiovascolari (tabella 1). La scelta di affrontare l'effetto delle alte temperature sui residenti della provincia di Parma, se da un lato ha creato un limite nella valutazione degli *outcome* sanitari considerati, a causa della numerosità relativamente bassa della popolazione, dall'altro ha permesso di indagare aree meno studiate in letteratura, quali quelle sub-comunali di pianure e di montagna, tenendo in considerazione le loro note differenze sia meteo-climatiche sia di urbanizzazione, in grado di influenzare gli effetti ricercati. È stata effettuata una prima analisi di regressione esplorativa che non ha tenuto conto dell'aspetto temporale, ma che ha permesso di confermare un effetto soglia di temperatura, noto in letteratura, dopo il quale sono attesi effetti sulla salute. Utilizzando l'indice di Thom per definire le ondate di calore distinte in tre soglie di disagio crescenti, si osserva un aumento del rischio relativo per gli *outcome* sanitari

TAB. 1
RISCHIO RELATIVO

rischio relativo, per decessi di mortalità generale, per cause cardiovascolari e respiratorie, associato al 99° percentile rispetto al 75° della temperatura apparente, per area e per tutta la provincia di Parma.

| | Rischio relativo | Intervallo di confidenza |
|--|------------------|--------------------------|
| Mortalità generale | | |
| Parma | 1,25 | 0,89-1,77 |
| Pianura | 1,06 | 0,80-1,40 |
| Montagna | 1,75 | 1,15-2,67 |
| Intera provincia | 1,26 | 0,89-1,79 |
| Mortalità per cause cardiovascolari | | |
| Parma | 1,79 | 0,99-3,2 |
| Pianura | 1,02 | 0,65-1,61 |
| Montagna | 1,99 | 1,02-3,9 |
| Intera provincia | 1,42 | 0,90-2,22 |
| Mortalità per cause respiratorie | | |
| Parma | 3,81 | 1,45-10,03 |
| Pianura | 2,07 | 0,92-4,67 |
| Montagna | 2,37 | 0,78-7,15 |
| Intera provincia | 2,49 | 1,45-4,25 |

in relazione alla soglia più alta, in modo particolare, come atteso, nell'area di città, ma anche nell'area di montagna. L'analisi di serie temporali invece ha consentito di stimare l'eccesso di mortalità e ricoveri associato a incrementi di temperatura, considerando anche l'effetto di potenziali confondenti, quali l'inquinamento atmosferico, il trend di lungo periodo e i giorni festivi. Anche da quest'analisi si osserva lo stesso andamento di un aumento del rischio per la salute in città, ma soprattutto emerge nuovamente un rischio maggiore per i residenti in montagna rispetto a quelli della pianura. I risultati di quest'analisi sono in linea con i dati riportati a livello nazionale per quanto riguarda la mortalità generale e per cause cardiovascolari, seppur non significativi probabilmente per la bassa numerosità della popolazione considerata. Le uniche osservazioni che si possono notare in merito all'esito dei ricoveri, per entrambe le analisi, sono anche in questo caso quelli per cause respiratorie e, di nuovo, nella zona di montagna. Il maggior rischio registrato nell'area montuosa in tutte le analisi potrebbe essere dovuto a diversi fattori: innanzitutto il fatto che, nel nostro territorio, la percentuale di grandi anziani è maggiormente distribuita in montagna; inoltre in quest'area la popolazione risulta meno protetta agli insulti delle alte temperature sia perché trascorre più tempo all'aperto, sia perché è meno dotata di dispositivi di condizionamento. Quindi, anche se meno frequenti, le ondate di calore che si presentano in montagna

impattano maggiormente sulla salute e, allo stesso tempo, la loro minor frequenza può portare a un minor adattamento della popolazione alle alte temperature. D'altro canto la pianura, benché abbia delle temperature simili alla città ma comunque inferiori, avendo più possibilità di mitigazione per la presenza di aree verdi e avendo situazioni di condizionamento più simili alla città, presenta un rischio più basso rispetto alle altre due aree. Tali osservazioni suggeriscono che la messa in atto di specifiche misure di prevenzione volte ai gruppi più suscettibili agli insulti delle alte temperature possa ridurre gli effetti sulla loro salute, ma dovranno essere confermate in futuro da monitoraggi costanti da parte delle Ausl che siano in grado di valutare l'efficacia degli interventi predisposti nelle diverse realtà locali. Tutto ciò non può essere scollegato da un governo del territorio che favorisca politiche specifiche in ambito urbanistico a supporto di piani di rigenerazione e tutela delle aree verdi, o comunque di piani che siano in grado di affrontare i problemi collegati ai cambiamenti climatici non solo in termini di tutela delle risorse ma anche come strategie per il funzionamento di un sistema urbano che deve garantire qualità dell'ambiente di vita e quindi salute.

Elisa Mariani

Biologa, collaboratore tecnico professionale presso il Servizio di Igiene pubblica dell'Ausl di Parma

SALUTE E SOSTANZE PERFLUOROALCHILICHE

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER LA SALUTE UMANA DELLA CONTAMINAZIONE DA PFAS DEL VENETO È STATA ESEGUITA TRAMITE DUE STUDI SPERIMENTALI. LO STUDIO IN SILICO HA EFFICACEMENTE PREDETTO LE CONCENTRAZIONI SIERICHE DI PFAS, MENTRE LO STUDIO IN VITRO HA INDAGATO GLI EFFETTI POTENZIALI SULLA SALUTE UMANA.

Per sostanze perfluoroalchiliche (Pfas) si intende una classe di sostanze aventi catene carboniose, più o meno lunghe, totalmente fluorurate, che garantiscono ai Pfas un'elevata capacità tensioattiva, alta stabilità termica, chimica e biochimica, motivo per cui sono stati utilizzati massivamente dalle industrie per produrre oggetti da cucina, tessuti, contenitori per alimenti e schiume antincendio. Questo ampio utilizzo, unito alla loro capacità bioaccumulante e persistente, ha portato alla contaminazione di tutte le matrici ambientali facendo entrare i Pfas nella catena alimentare. La contaminazione da Pfas è *widespread* e l'esposizione all'uomo è multipla e cronica, con principale via di contaminazione il consumo di acqua potabile e pesce.

La letteratura mostra un quadro non armonico, ma l'Efsa ha individuato alcuni effetti avversi principali derivati dall'esposizione a Pfos (acido perfluorottano sulfonico) e Pfoa (acido perfluorooctanoico) tramite ingestione, in modelli animali e sull'uomo, meritevoli di ulteriori approfondimenti: il diminuito peso alla nascita, l'aumento di colesterolo ematico, danni epatici e l'immunotossicità. Per quanto riguarda la cancerogenesi in letteratura si trovano studi che avvalorano tesi opposte, poiché l'utilizzo di modelli animali non è propriamente adatto allo studio di queste sostanze.

In seguito alla contaminazione delle acque del Veneto è nato il progetto Pamper (*Pharmacokinetics modeling for Pfas exposure and related risk*), una collaborazione tra Arpa Emilia-Romagna, Arpa Veneto, Università di Modena e Reggio Emilia e la London School of hygiene, con lo scopo di fornire agli organi decisori gli elementi chiave per la valutazione del rischio per la salute umana.

Il progetto si basa sull'utilizzo di due metodi alternativi: il *physiologically based pharmacokinetic* (Pbpbk) e il *transformics assay*. I Pbpbk sono modelli di simulazione

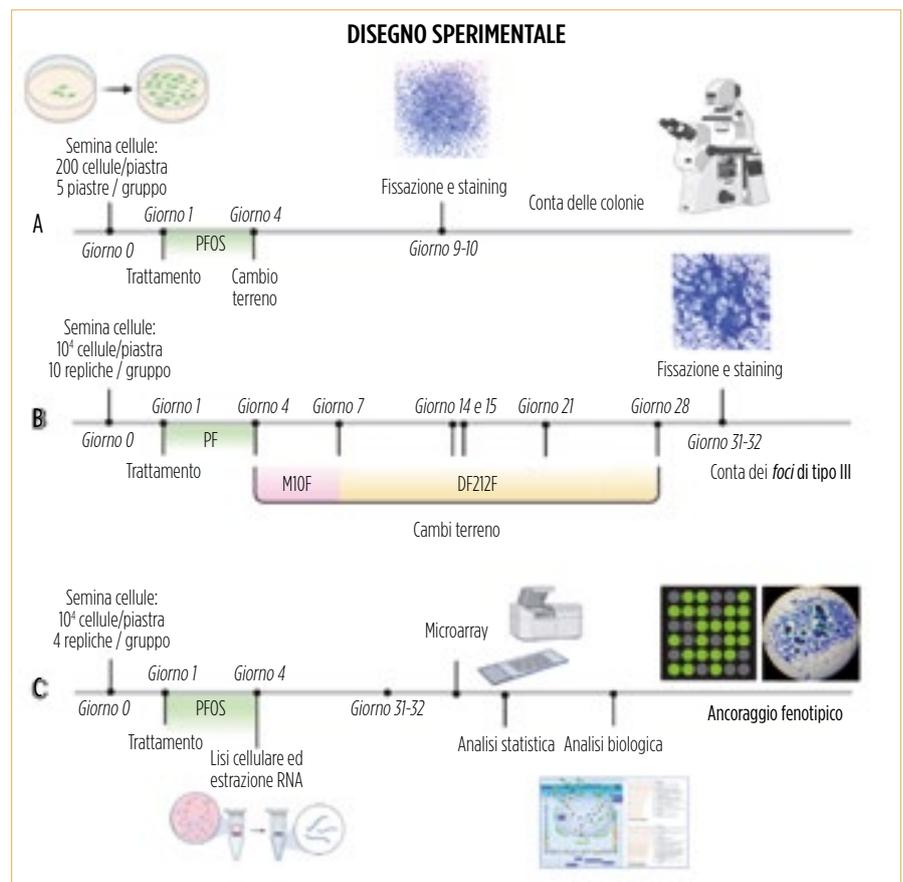


FIG. 1 TRANSFORMICS ASSAY

Schema sperimentale del *transformics assay*.

A) Saggio di citotossicità avente come endpoint le colonie

B) Saggio di trasformazione, avente come endpoint i foci

C) Analisi trascrizionale, che permette di capire i meccanismi molecolari sottesi all'evento di oncotrasformazione in vitro.

Immagine creata con Biorender.

che si prefiggono di calcolare e predire la concentrazione di una sostanza chimica e dei suoi metaboliti all'interno dell'organismo. In questi modelli si immettono parametri specifici per gli xenobiotici e *system-specific* per l'organismo. In questo studio sono stati applicati vari Pbpk per valutare la relazione tra esposizione e concentrazione sierica di Pfos e Pfoa, e i risultati ottenuti sono stati confrontati con uno studio di biomonitoraggio.

La via di esposizione principale è quella alimentare e per ogni soggetto è stata calcolata l'assunzione totale giornaliera di Pfas (*Pfas total daily intake*). Sono stati quindi analizzati i dati di contaminazione di varie categorie alimentari, acqua di rubinetto non trattata o trattata con filtri (*granular active carbon*) e acque sotteranee. Infine sono stati creati vari scenari di esposizione, ovvero il *worst case scenario*, il *most likely scenario* e il *best case scenario*, che vengono combinati con il *median scenario* (si considerano le mediane di concentrazione) oppure con l'*average scenario* (si considerano le medie), sia a livello individuale sia aggregato. Il modello in vitro utilizzato è il *transformics assay*: prevede un saggio di citotossicità e un saggio di trasformazione eseguiti in parallelo, utilizzando come linea cellulare i fibroblasti murini Balb/c 3T3 clone A 31-1-1. Questo è un ottimo metodo in vitro poiché i meccanismi di cancerogenesi in vitro mimano efficacemente quelli in vivo, e aggiungendo l'analisi trascrizionale, si può ragionare su come il trattamento con una sostanza alteri il profilo trascrizionale della cellula, il meccanismo attraverso cui il codice genetico risponde alle sollecitazioni, e come questa alterazione porti alla trasformazione cellulare.

Dai risultati ottenuti con i modelli Pbpk è stato notato che la combinazione tra il *most likely scenario* e il *median scenario* è risultata quella più affidabile e realistica tramite analisi a livello individuale. Con questo set, le concentrazioni sieriche di Pfoa calcolate sono risultate più basse in tutti i comuni dell'area contaminata e la concentrazione mediana è stata sottostimata per la popolazione totale, per gli uomini e per le donne, mentre per il Pfos questo tipo di analisi è stata ritenuta non necessaria. Le analisi a livello aggregato hanno mostrato che tutti i modelli hanno ottenuto risultati soddisfacenti, in particolare il modello *Modified Luccisano 2*. Le concentrazioni di Pfoa predette dai modelli sono risultate in generale sottostimate rispetto alla media e mediana di concentrazione

PRESENTAZIONE DELLA RELATRICE

Next generation risk assessment (Ngra) è un approccio alla valutazione del rischio guidato dall'esposizione, basato su ipotesi, che integra approcci in silico, in chimico e in vitro. L'obiettivo generale di un Ngra è che sia rilevante per gli esseri umani, guidato dall'esposizione, basato su ipotesi e progettato per prevenire esiti avversi per la salute. Ogni Ngra è personalizzato, non esiste né è appropriata una lista prescrittiva di test per garantire la sicurezza di una sostanza chimica. Generalmente Ngra raccoglie, integra e implementa informazioni ricavate dalla letteratura scientifica. In questo studio, invece, lo schema Ngra è stato sviluppato sulla base di dati reali e misurati a partire dal monitoraggio ambientale, al biomonitoraggio, ai dati in silico (Pbpk) e in vitro (*transformic assay*), integrati in un *Aep-Aop pathway*, che consente di leggere il percorso che porta alla malattia, attraverso tappe discrete, segnate da un evento chiave che risponde a una specifica concentrazione di esposizione. Questo processo consente di identificare il livello di concentrazione ambientale che può portare a una concentrazione effettiva ed efficace a livello di organo bersaglio. L'obiettivo ultimo è quello di arrivare a definire una dose soglia, al di sotto della quale, verosimilmente, non c'è un eccesso di rischio per la salute della popolazione esposta.

Annamaria Colacci

Arpae e Università degli studi di Bologna

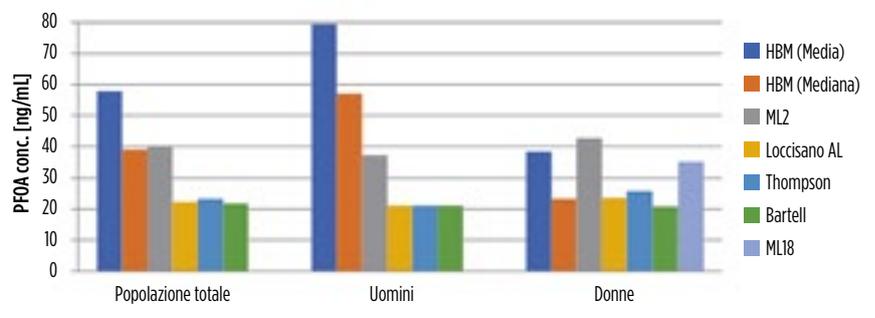


FIG. 2 CONCENTRAZIONI PFOA

Confronto tra concentrazioni sieriche di Pfoa osservate e predette dai vari modelli a livello aggregato (ng/ml) per la popolazione totale, popolazione maschile e popolazione femminile.

Hbm = Studio di biomonitoraggio, ML2 = Luccisano modificato versione 2, ML1 = Luccisano modificato versione 1, Luccisano AL = modello Luccisano model a livello aggregato, ML18 = Luccisano modificato 18%, Thompson = modello Thompson, Bartell = modello Bartell (modificato da Vaccari et al., 2023, articolo in preparazione di pubblicazione).

dello studio di biomonitoraggio. Le concentrazioni di Pfos, al contrario, sono state sovrastimate da tutti i modelli. Le differenze tra le concentrazioni predette e misurate nello studio di biomonitoraggio sono comunque nell'ordine di grandezza di ng/ml, perciò questo tipo di modellistica può essere uno strumento efficace a supporto di studi di esposizione. Mediante il *transformics assay* si evince che solo la concentrazione più alta testata è risultata citotossica e trasformante, mentre la dose più bassa, oltre a non aver causato una modulazione genica significativa ai tempi precoci, non ha mostrato citotossicità né attività trasformante.

L'integrazione di questi due modelli, in ottica di *Next generation risk assessment*, permette la valutazione della complessità della risposta fisiopatologica all'esposizione ambientale. Le informazioni derivate dai due approcci proposti vengono organizzate in step sequenziali attraverso vari ordini di grandezza biologica. In questo modo

si generano due strumenti di enorme importanza: l'*aggregate exposure pathway* (Aep) e l'*adverse outcome pathway* (Aop). L'Aep si inserisce nella valutazione dell'esposizione ai Pfas, quindi partendo dalle concentrazioni ambientali si arriva a valutare l'effettiva dose interna, la tossicocinetica e il destino dei Pfas nell'organismo attraverso modelli Pbpk. L'Aop, attraverso il *transformics assay*, si pone come obiettivo la costruzione lineare e sequenziale degli eventi molecolari che, partendo da un *molecular initiating event* (Mie), attraverso diversi eventi chiave, culminano all'evento fenotipico di oncotrasformazione. In questo modo si sono riuscite a integrare informazioni complesse utili agli organi decisori per la valutazione del rischio per la salute umana in seguito all'esposizione a sostanze inquinanti.

Federico Aldrovandi

Alma Mater Institute on Healthy Planet, Università di Bologna

RUOLO DELL'AMBIENTE E PATOLOGIA TIROIDEA

L'AUMENTO DELLE PATOLOGIE DELLA TIROIDE HANNO SPINTO LA RICERCA SANITARIA VERSO L'INDAGINE DELLA RELAZIONE TRA INQUINAMENTO AMBIENTALE E SALUTE DELLA GHIANDOLA. È NECESSARIO STUDIARE E COMPRENDERE QUALI SOSTANZE E QUALI MECCANISMI CHIMICO-BIOLOGICI POSSONO ESSERE CONSIDERATI AGONISTI O ANTAGONISTI DELLA TIROIDE.

La tiroide è una ghiandola situata alla base del collo e il suo ruolo è quello di sintetizzare e secernere la tiroxina (T4) e la triiodotironina (T3), che controllano numerose funzioni metaboliche, agiscono sullo sviluppo del sistema nervoso centrale e consentono l'accrescimento dell'organismo. Le funzioni della tiroide sono finemente regolate dal sistema nervoso, in particolare dalla più importante area di interconnessione tra sistema nervoso ed endocrino, l'asse ipotalamo-ipofisi, attraverso il rilascio dell'ormone tireotropina (Trh) e tireostimolante (Tsh), con un meccanismo detto a *feedback* negativo. Il raggiungimento della concentrazione ottimale comporta il blocco di un ulteriore rilascio dell'ormone.

Esistono prove scientifiche, ormai certe, che le sostanze chimiche, inclusi molti inquinanti ambientali, possono interagire con l'asse ipotalamo-ipofisi-tiroide, e anche con il meccanismo di controllo locale degli ormoni tiroidei negli organi bersaglio.

La valutazione dell'impatto delle sostanze chimiche sull'asse tiroideo richiede una strategia complessa, poiché le sostanze chimiche possono perturbare la segnalazione, la biosintesi, il metabolismo, il trasporto e l'escrezione degli ormoni tiroidei attraverso una serie di interazioni diverse a livello molecolare, oltre al legame con i recettori Tr, che possono influenzare la loro azione. Questo è un vero e proprio meccanismo di interferenza endocrina, meno conosciuto e studiato dei meccanismi correlati all'azione degli ormoni estrogenici, soprattutto per la mancanza di test adeguati in grado di identificare gli interferenti o distruttori endocrini tiroidei.

I distruttori endocrini (*endocrine disrupting chemicals*, EDC) sono sostanze o miscele di sostanze che possono alterare gli equilibri o modificare le normali vie di segnalazione degli ormoni dell'organismo

PRESENTAZIONE DELLA RELATRICE

Il ruolo dell'ambiente nella patologia tiroidea è ancora poco conosciuto. Il disastro di Chernobyl, nel 1986, aprì un filone di studio e ricerche sul ruolo delle radiazioni ionizzanti sul tumore della tiroide e, per molto tempo, è stato vivo il dibattito se l'aumento delle patologie benigne della tiroide, negli anni immediatamente successivi, fosse effettivamente correlato al *fallout* nucleare o all'aumentata capacità diagnostica tramite ecografia. La maggiore comprensione dei meccanismi di interferenza e distruzione del sistema endocrino da parte di molte sostanze diffuse nell'ambiente hanno permesso di rilevare come i fattori ambientali siano determinanti anche per le patologie della tiroide. Ai tumori e alle formazioni non neoplastiche o preneoplastiche, si sono aggiunte le malattie autoimmuni della tiroide. Tra i molti contaminanti chimici, gli organoclorurati alogeni e i pesticidi influenzano variabilmente la funzione tiroidea. I bifenili policlorurati e i loro metaboliti e gli etere di polibromodifenile si legano alle proteine di trasporto tiroidee, come la transtiretina, spostano la tiroxina e disturbano la funzione tiroidea. Per ridurre il rischio per la popolazione è necessario, dunque, comprendere l'associazione tra agenti ambientali e disfunzione tiroidea. Il lavoro qui presentato segna una tappa fondamentale nello sviluppo di strumenti specifici che riescano a discriminare le sostanze chimiche che hanno la tiroide come bersaglio.

Annamaria Colacci
Arpa e Università degli studi di Bologna

che sono responsabili dello sviluppo, del comportamento, della fertilità e del mantenimento dell'omeostasi cellulare. Queste sostanze sono presenti in tutte le matrici ambientali, dunque l'esposizione risulta essere multipla e cronica. In più le aree industrializzate sono caratterizzate da un'immissione in ambiente di una grande varietà e quantità di sostanze chimiche che possono contaminare suolo e acque, entrando, così, nella catena alimentare. Gli EDC, inoltre, possono essere trasportati dall'aria e dai corsi d'acqua anche molto lontano dalla fonte originaria e alcuni di questi hanno caratteristiche di persistenza in ambiente, per cui, anche se vietati da decenni,

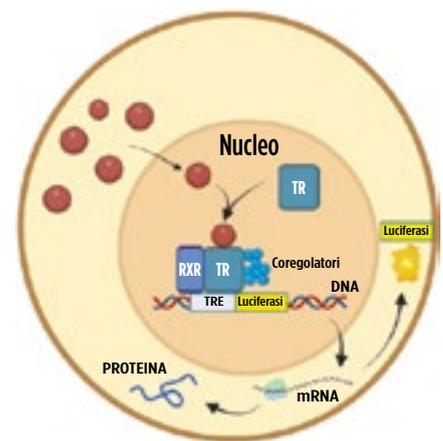


FIG. 1 TRβ CALUX
Meccanismo d'azione.
Immagine creata con Biorender



FIG. 2 PROCESSO
Protocollo sperimentale TRβ-Calux Assay.



l'uomo e gli animali risentono ancora oggi degli effetti dell'uso improprio fatto nel passato e del conseguente accumulo ambientale.

L'aumento delle patologie tiroidee, sia patologie autoimmuni sia tumorali, inclusi i noduli di natura benigna, ha posto l'attenzione sulla necessità di sviluppare e convalidare test affidabili per l'identificazione degli Edc tiroidei.

L'impegno dell'Unione europea per l'ambiente e salute

L'approccio tradizionale, negli studi tossicologici, anche per la valutazione di interferenza endocrina dell'asse ipotalamo-ipofisi-tiroide, può prevedere l'utilizzo di modelli animali, quindi studi in vivo. Tuttavia, questi test sono costosi, richiedono tempo e un elevato numero di animali.

Negli ultimi venti anni, la comunità scientifica si è aperta sempre più alla possibilità di analizzare le molecole in studio con Nam (*new approach methodologies*), in grado di fornire informazioni sul pericolo e sul rischio chimico senza l'uso di animali. Con il regolamento (Ce) 1907/2006, Reach (*registration, evaluation, authorisation and restriction of chemicals*), l'Ue ha ribadito l'importanza dei Nam e ha allestito un sistema di registrazione richiedendo un'accurata caratterizzazione del profilo tossicologico delle sostanze e dei loro meccanismi d'azione. Ma ancora oggi, per molti *endpoint*, non esistono linee guida Oecd che consentano di rilevare in vitro l'azione di alterazione del sistema endocrino indotta da contaminanti ambientali e più in generale da sostanze chimiche.

In questo contesto, lo studio di convalida della tiroide (*Thyroid validation study*, Tvs), coordinato da Jrc-Ecvam e condotto nei laboratori di riferimento della commissione per i Nam (rete Eu-

Netval), si inserisce per dare una risposta a questa lacuna informativa sugli effetti dei distruttori endocrini a vari livelli del sistema tiroideo.

Questo studio è stato concepito per una valutazione simultanea di 18 metodi, scelti tra gli 8 blocchi di interazione del sistema tiroideo identificati dal documento di *scoping* dell'Oecd. Nel laboratorio di riferimento Eu-Netval Vitrox di Arpa Emilia-Romagna è stato sviluppato il protocollo di convalidazione del test TRβ-Calux.

TRβ-Calux è uno dei test scelti dal blocco *cellular responses*. È un saggio che utilizza il sistema Calux® della Biodetective system. È una linea di osteosarcoma umano osteoblastico trasfettata in modo stabile con un plasmide per esprimere i recettori tiroidei TRβ. Le cellule sono state inoltre trasfettate con un costrutto reporter contenente un gene per la luciferasi legato a due copie di *thyroid hormone response elements* (Tre) e contengono un plasmide che conferisce resistenza alla genetica.

Il test, infatti, valuta le risposte basate su Tre innescate dall'attivazione di TRβ che agisce come fattore di trascrizione. Questa attivazione, quindi, induce la trascrizione dei geni correlati a T3 e conseguentemente quella dei geni che codificano per la luciferasi la cui quantificazione avviene attraverso una lettura di luminescenza.

Il test valuta sia un'eventuale attività agonista che antagonista, e non solo delle singole sostanze chimiche ma anche quelle di miscele complesse.

Il saggio di agonismo è stato condotto utilizzando come sostanza di riferimento il ligando endogeno T3 mentre per il saggio di antagonismo è stato utilizzato il diclazuril (disciolto in terreno di coltura contenente T3), sostanza nota per avere attività antagonista su TRβ.

In base ai risultati ottenuti, questo test sembra avere un alto potenziale per l'identificazione di sostanze



FIG. 3 CELLULE
Cellule TRβ-Calux al microscopio

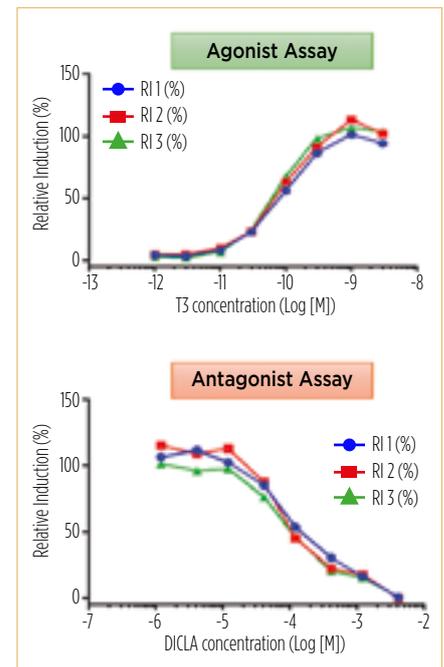


FIG. 4 CURVE LOGARITMICHE
Esempio di andamento di curve logaritmiche della luminescenza di agonist e antagonist assay.

alteranti il sistema tiroideo e quindi molto qualificato per l'eventuale standardizzazione come già avvenuto per altri sistemi come Er-Calux e Ar-Calux, per i distruttori endocrini dei meccanismi estrogenici e androgenici. Bisogna sempre perseguire lo sviluppo di nuovi metodi affidabili e convalidati, e quindi, di solidi dati analitici in diverse aree dell'analisi tossicologica e l'applicazione di strategie innovative, in grado di colmare le lacune conoscitive in merito ai distruttori endocrini e informare i decisori per permettere una migliore politica gestionale sulla valutazione dei rischi.

Giangabriele Maffei

Alma Mater Institute on Healthy Planet,
Università degli studi di Bologna

ESPOSIZIONE AGLI FTALATI ED EFFETTI SULLA SALUTE

NEGLI ULTIMI DECENNI È EMERSA UN'ASSOCIAZIONE TRA GLI INTERFERENTI ENDOCRINI E NUMEROSE PATOLOGIE. IL RISCHIO DI ESITI AVVERSI POTREBBE ESSERE STATO AMPIAMENTE SOTTOVALUTATO. GLI FTALATI SONO SOSTANZE UBIQUITARIE, OGGETTO DI STUDIO CON SAGGI DI CITOTOSSICITÀ E TRASFORMAZIONE E ANALISI DEI PROFILI TRASCRIZIONALI.

Le sostanze chimiche che alterano il sistema endocrino sono considerate di assoluta priorità per la salute pubblica e un problema politico emergente per l'approccio strategico alla gestione internazionale dei prodotti chimici. In letteratura sono ampiamente documentati gli effetti avversi correlati all'esposizione a sostanze interferenti endocrine (Edc, *endocrine disrupting chemicals*) come tumori, obesità, malattie cardiovascolari, diabete e problemi riproduttivi. L'esposizione agli Edc avviene attraverso i prodotti di consumo e l'inquinamento ambientale e il rischio per la salute è particolarmente elevato. Fondamentale è la finestra di esposizione a queste sostanze, per le quali i momenti più critici sono rappresentati dal periodo fetale e neonatale, le cui conseguenze possono non essere immediatamente riscontrabili e determinare la comparsa di effetti avversi durante la pubertà e l'età adulta. È, inoltre, documentato che queste sostanze possono indurre modificazioni epigenetiche trasmissibili alle generazioni successive. Gli Edc sono sostanze particolarmente complesse da studiare, infatti l'esposizione non avviene mai a una singola sostanza ma a miscele di queste, confermando ulteriormente l'eterogeneità e l'ubiquitarietà di questo gruppo di sostanze chimiche. L'approccio strategico dell'Unione europea nei confronti degli Edc si basa sull'applicazione del principio di precauzione, secondo il quale, l'esposizione a una data sostanza deve essere limitata, laddove siano presenti sospetti di danni potenziali alla salute umana, animale e ambientale, perfino in assenza di certezze scientifiche. Per questo motivo, gli Edc sono disciplinati dal regolamento europeo Reach (*Regolamento per la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche*) all'allegato XIV, in cui vengono identificate le sostanze estremamente preoccupanti e soggette a specifica autorizzazione da parte di Echa, l'agenzia

PRESENTAZIONE DELLA RELATRICE

Gli ftalati sono una serie di sostanze chimiche ampiamente utilizzate che si sono dimostrate essere distruttori endocrini e dannose per la salute umana. Gli ftalati possono essere presenti nella maggior parte dei prodotti che entrano in contatto con la plastica durante la produzione, l'imballaggio o la distribuzione. Nonostante la loro breve emivita nei tessuti, l'esposizione cronica agli ftalati influenzerà negativamente il sistema endocrino e il funzionamento di molti organi, con impatti negativi a lungo termine sul buon esito delle gravidanze, sulla crescita e lo sviluppo dei bambini e sui sistemi riproduttivi sia nei bambini che negli adolescenti. Diversi Paesi hanno stabilito restrizioni e regolamenti su alcuni tipi di ftalati; tuttavia, riteniamo che sempre più Paesi dovrebbero introdurre limiti o misure sostitutive per gli ftalati al fine di ridurre i rischi per la salute. Questo studio si propone di indagare i meccanismi di tossicità correlati all'esposizione a ftalati, nell'intento di identificare marcatori molecolari ed endpoint di risposta cellulare, utili a definire dosi di effetto e dosi soglia per l'uomo.

Annamaria Colacci
Arpa e Università degli studi di Bologna

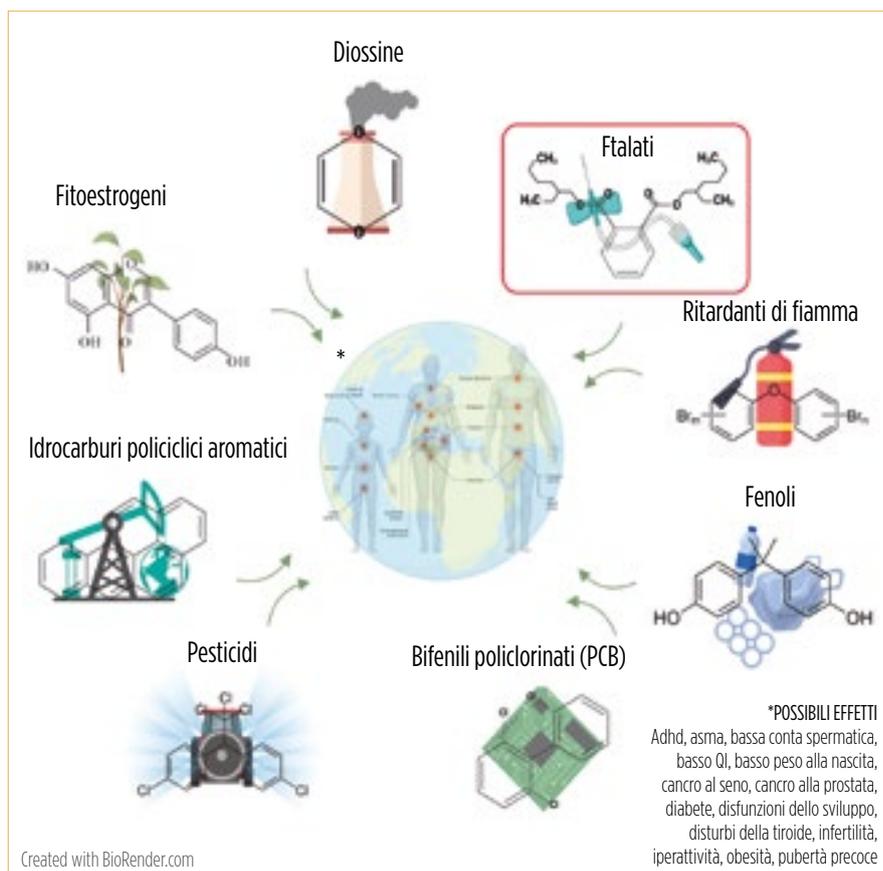


FIG. 1 INTERFERENTI ENDOCRINI

Ue per la regolamentazione dei prodotti chimici.

Tra le sostanze riconosciute interferenti endocrini vi sono gli ftalati, diesteri dell'acido ftalico, composti organici sintetici utilizzati come additivi elasticizzanti delle plastiche (figura 1). Sono milioni le tonnellate di produzione annua di ftalati utilizzati nei più diffusi prodotti commerciali plastici, come nei materiali da costruzione, nei dispositivi medici, nei detergenti e in alcuni prodotti per la cura personale, e da cui possono facilmente disperdersi nell'ambiente, non essendo legati covalente nelle miscele plastiche, in particolare dopo l'uso ripetuto, il riscaldamento e le operazioni di pulizia. L'uso diffuso e la comprovata persistenza degli ftalati hanno portato al loro accumulo nelle matrici ambientali e a un maggiore rischio di esposizione per ingestione, inalazione o contatto cutaneo. Nel corso del tempo, ulteriori indagini hanno rilevato un potenziale tossicologico nell'uomo, portando a regolamentare e ridurre progressivamente l'uso di alcuni ftalati nel mercato Ue, a partire dalla limitazione in giocattoli e prodotti per l'infanzia nel 1999. Nel 2011 il loro uso nel mercato Ue per gli imballaggi e i materiali a contatto con gli alimenti è stato limitato e consentito solo per specifiche categorie di prodotti, con limiti di migrazione specifici. Tra gli ftalati maggiormente diffusi vi sono gli orto-ftalati, come il Dehp (di-2-etilstilftalato), identificato come composto indice per il calcolo della Tdi (*tolerable daily intake*), in quanto possiede il set di dati tossicologici più solido. Il Dehp è un noto Edc, classificato come Cmr (cancerogeno, mutageno e tossico per la riproduzione) di categoria 1 per la tossicità riproduttiva, esistono numerosi studi che lo individuano come composto cancerogeno, neurotossico e immunotossico nei roditori. Il Dehp è stato scelto per questo studio sperimentale in quanto sostanza di particolare interesse attuale che si ipotizza possa indurre cancerogenesi non genotossica attraverso l'attivazione del recettore intracellulare Ppar (*Peroxisome proliferator activated receptors*). Il recettore Ppar regola la trascrizione di una serie di geni coinvolti in molte funzioni fisiologiche, tra cui trasporto e catabolismo degli acidi grassi, metabolismo del glucosio, adipogenesi, termogenesi, trasporto e biosintesi del colesterolo e la risposta antinfiammatoria. È, inoltre, documentata la sua azione nell'alterazione della funzione ovarica, mediante creazione di stress ossidativo ed

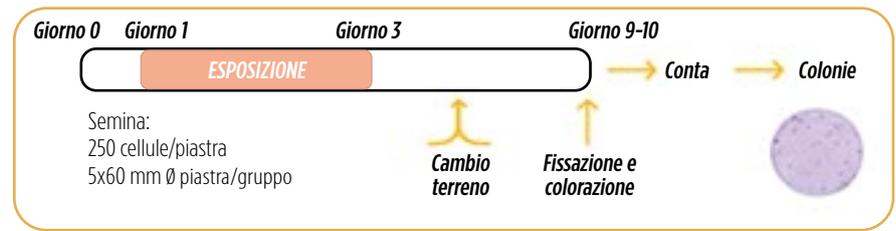


FIG. 2 CITOTOSSICITÀ

Studio di citotossicità, 200 cellule/piastra, 24 ore dopo la semina la linea cellulare Balb/c 3T3 A31-1-1, viene esposta alla sostanza trattamento Deph per 72 ore. Dopo 10 giorni, le cellule vengono fissate con metanolo e colorate con giemsa.

espressione del recettore per gli estrogeni, e nell'indurre la sindrome da disgenesia testicolare con conseguente alterazione delle funzioni dell'apparato genitale maschile.

Viene qui presentato parte di uno studio molto più ampio e complesso, progetto coordinato da Gelsomina Pillo di Arpa, che ha lo scopo di indagare quelli che sono i meccanismi molecolari che sottendono l'azione del Dehp per informare le autorità regolatorie in merito ai possibili effetti avversi correlati alla salute umana e ambientale. Lo studio prevede un test di solubilità della sostanza, un saggio preliminare di citotossicità del Dehp, seguito da un Cta (*cell transformation assay*) con protocollo standardizzato Ecvam, utilizzando una linea cellulare di fibroblasti murini immortalizzati. Il Cta è un metodo proposto per la riduzione dei test di cancerogenesi nell'animale. I risultati del Cta saranno a loro volta utilizzati per stabilire le dosi per esperimenti di trascrittomica al fine di analizzare i profili di risposta trascrizionale indotti dalla sostanza.

In particolare, vengono qui illustrati i dati derivanti da due studi di citotossicità preliminare, che hanno permesso di calcolare il numero di cellule sopravvissute dopo il trattamento con la sostanza in esame (figura 2).

Questo ha permesso di individuare la finestra di concentrazioni con effetto citotossico più interessante, individuata nell'intervallo di concentrazioni 25-100

µg/ml. Le concentrazioni a partire da 50 µg/ml hanno invece indotto una forte riduzione del numero di colonie/piastra, di oltre il 90%. Dati i risultati estremamente interessanti, che presentano un decremento sostanziale dell'efficienza clonale tra 5 e 25 µg/ml si è reso necessario testare nuovamente la sostanza, nell'intervallo tra 2,5 e 20 µg/ml. Si è quindi evidenziato un effetto citotossico statisticamente significativo nell'intervallo di concentrazioni 10-50 µg/ml. La curva di interpolazione ha infine consentito di individuare le concentrazioni inibenti d'effetto (Ic10, Ic50 e Ic90) che forniranno supporto alla scelta delle dosi da utilizzare nel saggio Cta.

Concludendo, in questo studio è stato evidenziato un effetto citotossico concentrazione-dipendente a dosi relativamente basse, tra 6 e 10 µg/ml. L'effetto citotossico riscontrato risulta maggiore rispetto a quanto evidenziato in altri studi su Dehp con la medesima linea cellulare. L'analisi integrata dei dati ottenuti sul Dehp potrà contribuire a fornire supporto scientifico al processo di valutazione del rischio da esposizione a queste sostanze e al processo decisionale per la prevenzione dei rischi per la salute della popolazione esposta.

Ada Mescoli

Alma Mater Institute on Healthy Planet, Università degli studi di Bologna



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 ($\mu\text{g/l}$ - ng/l) e marino (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

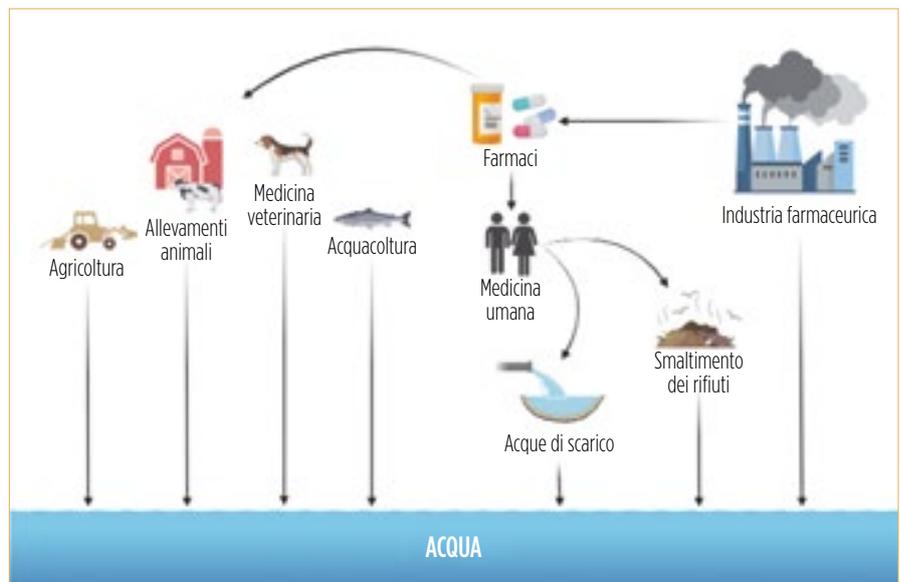


FIG. 1 DIFFUSIONE FARMACI
Principali settori che contribuiscono alla dispersione di farmaci nell'ambiente.

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 β estradiolo, 17 α 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 |

SALUTE DEGLI OCEANI E SALUTE UMANA

LA SOCIETÀ UMANA È COMPLETAMENTE ASSIMILATA NEI SISTEMI OCEANICI. QUANDO SI AFFRONTA LA SALUTE DEGLI OCEANI, LE ATTIVITÀ UMANE, LE ISTITUZIONI E I VALORI NON POSSONO ESSERE SEPARATI DA ESSA. IL TEMA OCEAN HEALTH & HUMAN HEALTH AFFRONTA LA RELAZIONE E CONNESSIONE TRA LA SALUTE DELL'OCEANO E QUELLA UMANA.

Gli oceani sono responsabili della maggior parte dell'attività biologica del pianeta e della produzione di biomassa, e forniscono agli esseri umani sostentamento vitale per la loro esistenza. Esiste un'associazione interdipendente tra gli oceani e la salute umana, composta da influenze positive e negative, e di queste ultime l'uomo ha notevole responsabilità.

I cambiamenti globali (*global change*) sono le conseguenze delle interazioni tra fenomeni che avvengono a scala planetaria. Fra questi vi è il cambiamento del clima (*climate change*) di cui è evidente l'aumento della temperatura causato dalle emissioni di gas serra in atmosfera prodotte essenzialmente da attività umane. Ne conseguono eventi meteorologici estremi, acidificazione degli oceani, innalzamento del livello del mare ed effetti negativi sugli ecosistemi, con riduzione della biodiversità, calo delle risorse idriche e aumento della desertificazione. L'influenza antropica sugli oceani aumenta ulteriormente con il rilascio di inquinanti, che a loro volta alimentano i processi negativi di cui sopra (*figura 1*).

La popolazione umana è notevolmente aumentata, in particolare nei Paesi in via di sviluppo e nelle zone costiere (aree molto produttive in ambito biologico, ma allo stesso tempo le più vulnerabili). Vi è quindi un maggiore utilizzo delle risorse marine, dalle attività di pesca e acquacoltura alla desalinizzazione per l'acqua potabile e l'uso ricreativo delle spiagge. Ne è risultato un aumento della pressione antropogenica sulla salute dell'oceano, e il deterioramento con impatto sulla popolazione umana:

- inquinamento da sostanze chimiche per scopi industriali o agricoli
- aumento dell'industrializzazione, con un incremento delle emissioni atmosferiche di gas serra
- l'acqua di zavorra, le fuoriuscite di acque reflue e lo scarico di rifiuti trattati in modo insufficiente contengono

PRESENTAZIONE DELLA RELATRICE

Gli esseri umani hanno a lungo ritenuto che le dimensioni oceaniche permettessero loro di scaricare inquinanti e di ottenerne comunque cibo e benefici. L'innalzamento della temperatura, l'inquinamento, la pesca eccessiva ecc. hanno messo a dura prova l'ecosistema oceanico per decenni. Ci siamo accorti solo recentemente dell'urgenza di contrastare le specie aliene, o dei danni provocati dall'accumulo di plastiche in mare. Ma ci sono anche impatti positivi che l'oceano ha sulla specie umana rimasti impliciti, scarsamente quantificati o con meccanismi non compresi. Insieme a una buona qualità dell'acqua per la balneazione, l'acqua non inquinata mantiene ecosistemi sani in favore della biodiversità e del funzionamento, favorisce attività economiche come il turismo e l'acquacoltura sostenibile. Dati crescenti indicano che le interazioni dirette degli esseri umani con gli oceani possono portare a una serie di benefici per la salute pubblica, compreso l'aumento dell'attività fisica e il miglioramento del benessere mentale. È possibile intervenire, ma occorre saperne di più fin dalla formazione scolastica, poiché senza la conoscenza è difficile comprendere il valore reciproco degli oceani per la salute umana.

Elena Fabbri

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



microbi, nutrienti (nitrati e fosfati) e inquinanti non nutritivi

- inquinamento da plastica
- aumento della temperatura, che porta essa stessa a una serie di conseguenze come: cambiamenti biogeografici, fenologici e dimensionali (su scale biogeografiche, spostamenti di specie verso latitudini e altitudini elevate);

acidificazione con abbassamento del pH degli oceani a causa di una maggiore presenza di CO₂; aumento delle fioriture algali nocive; ipossia, zone morte povere di ossigeno; stratificazione degli oceani e mancato rimescolamento verticale della colonna d'acqua

- sfruttamento eccessivo della pesca e acquacoltura.

D'altra parte, ripristinando e conservando gli ecosistemi marini e costieri, è possibile poter usufruire delle risorse naturali in modo sostenibile, tramite:

- produzione di bio-farmaci
- aree di riproduzione e zone di *nursery* per un'ampia varietà di organismi
- servizi di supporto, regolazione, approvvigionamento
- output materiali: trasporti e benefici economici, commercio, sviluppo industriale e urbano, turismo e pesca
- output immateriali: servizi culturali e ricreativi che promuovono la salute fisica e mentale.

L'Oms ha calcolato che ogni anno oltre 150.000 morti siano correlate al cambiamento climatico, in particolare nelle zone costiere. L'argomento va oltre quello che si può riassumere in questo articolo, che si concentra quindi soltanto su alcuni aspetti legati alle microalghe marine.

Bloom algali e tossine

Le alghe costituiscono la maggior parte della biomassa degli oceani e la principale fonte di nutrimento per gli organismi marini. In condizioni ambientali appropriate si riproducono con elevata rapidità, producendo fioriture algali note anche come maree, in rapido aumento a causa di fattori antropogenici come l'elevato carico di nutrienti nell'oceano, il trasporto delle specie algali nocive nelle acque di zavorra delle navi e le variazioni climatiche. Le fioriture algali possono causare danni all'ambiente (esaurimento dell'ossigeno nella colonna d'acqua), alterare la rete trofica (danni alle branchie dei pesci), minacciare la vita marina e quella umana influenzando direttamente la catena alimentare o rilasciando particelle in aerosol. Le tossine algali, insapori e inodori, stabili al calore e agli acidi si possono accumulare, causando (o meno) danni negli organismi marini fino ad arrivare in alto nella catena alimentare. Tra le diverse malattie causate dalle tossine algali, le malattie respiratorie provocate dall'inalazione o dal contatto con le tossine sono causate dai seguenti dinoflagellati:

- *Gymnodinium breve*, da cui la brevetossina che aerosolizzata dalle onde e dal vento causa alterazioni della contrazione muscolare, tremore, convulsioni, diminuzione della frequenza respiratoria e broncocostrizione
- *Pfiesteria piscicida*: nausea, problemi respiratori e perdita di memoria
- *Ostreopsis ovata*: febbre, faringite, tosse, difficoltà respiratoria, dermatiti.

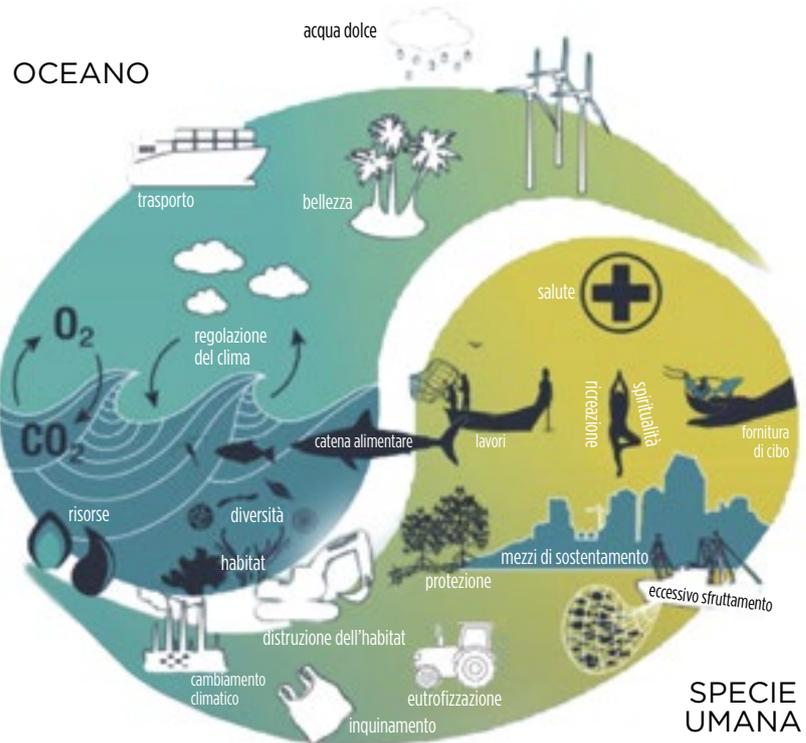


FIG. 1 OCEANO E SPECIE UMANA
Interdipendenza tra l'oceano e l'umanità.

Patologie tiroidee

La tiroide è molto sensibile a fattori biotici e abiotici ambientali (iodio, micronutriente assunto dalla dieta ed essenziale per la sintesi degli ormoni tiroidei), i quali possono comportare una variazione nelle secrezioni degli ormoni tiroidei (triiodotironina T3 e tiroxina T4). Questi sono fondamentali per le funzioni fisiologiche: influenzano lo sviluppo fetale, la crescita, i processi nutrizionali e la riproduzione negli esseri umani. Sia la carenza (ipotiroidismo) che l'eccesso (ipertiroidismo) di iodio possono aumentare il rischio di sviluppare un disturbo alla tiroide. Diversi studi hanno evidenziato gli effetti dell'acidificazione degli oceani sul metabolismo dello iodio nelle alghe (principali organismi ricchi di iodio), mostrando come la riduzione del pH favorisca la crescita e allo stesso tempo un aumento – talvolta eccessivo – delle concentrazioni di iodio.

Non solo prodotti negativi

Oltre a numerosi principi attivi di farmaci, altri prodotti marini contengono ingredienti attivi usati come integratori nutrizionali, oli e co-fattori che migliorano il benessere generale. È già noto da tempo il beneficio della assunzione di oli contenenti omega-3

da pesci o da krill. Ma anche le microalghe marine sono anche ricche di oli omega-3. Il vantaggio è che la produzione da questa fonte è più ecosostenibile e meno dannosa per l'ambiente rispetto alla produzione di origine animale. Le microalghe sono anche la fonte di alcuni dei prodotti per la cura della pelle più innovativi disponibili oggi, ad esempio oligopeptidi per aumentare la compattezza e il tono della pelle o migliorare il turnover cellulare dell'epidermide. A fianco del più noto acido ialuronico esiste l'acido algaronico, una miscela di polisaccaridi da microalghe con proprietà benefiche per la pelle.

In conclusione, questi effetti ci fanno capire come le azioni antropogeniche che vanno a causare disequilibri negli oceani portino delle conseguenze negative per la salute umana, e come d'altra parte sia fondamentale assicurare la protezione degli oceani per assicurare il mantenimento dei benefici offerti. È indispensabile quindi un'azione di ricerca, monitoraggio e gestione a livello planetario, che coinvolga tutti gli attori, dai decisori ai portatori di interesse e alla popolazione, per salvare il rapporto reciproco tra salute umana e degli oceani.

Silvia Roncarati

Laureata magistrale in Biologia marina

URBAN HEALTH CONTRO I CAMBIAMENTI CLIMATICI

GLI EFFETTI SULLA SALUTE DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO SONO UNA PRIORITÀ DI PREVENZIONE, SOPRATTUTTO NELLE CITTÀ DOVE SI CONCENTRANO LE POPOLAZIONI VULNERABILI. È NECESSARIO E URGENTE CHE VENGANO MESSE IN ATTO, A TUTTI I LIVELLI, STRATEGIE CONDIVISE DI RIPROGETTAZIONE DEGLI SPAZI URBANI.

I centri urbani costituiscono un importante *hotspot* per i cambiamenti climatici, sia per la vulnerabilità degli abitanti sia perché i consumi energetici e alimentari delle popolazioni residenti nelle città sono tra i principali responsabili delle emissioni climalteranti. Si stima che il riscaldamento globale sarà responsabile di 250 mila morti in più ogni anno entro il 2050, con un impatto economico di circa 2-4 miliardi di dollari ogni anno fino al 2030. I danni riguardano soprattutto le persone fragili, che da un lato sono più esposte e meno capaci di recuperare le perdite subite, ma dall'altro dispongono di minori risorse per contribuire a ridurre le emissioni di gas serra. Le evidenze scientifiche supportano la necessità di pianificare gli spazi urbani per prevenire e adattarsi ai principali eventi estremi causati dal cambiamento climatico, che costituiscono un'importante minaccia per la salute: ondate di calore, precipitazioni intense, alluvioni e siccità, oltre a incendi e malattie trasmesse da vettori. Gli effetti del cambiamento climatico si ripercuotono in maniera più evidente sui gruppi di popolazione economicamente più svantaggiati, secondo un circolo vizioso per cui i sistemi in cui le disuguaglianze sono maggiori contribuiscono maggiormente a creare le condizioni che alimentano il cambiamento climatico e questo, a sua volta, espone le persone più povere a subirne le conseguenze più drammatiche, con un'amplificazione delle disuguaglianze intra e inter-nazionali precedentemente già esistenti. Le modificazioni del contesto urbano possono favorire una più equa distribuzione delle opportunità di adattamento a questi effetti, contribuendo contestualmente alla riduzione delle emissioni climalteranti (mitigazione) con infrastrutture che facilitino l'adozione di comportamenti virtuosi anche da parte dei cittadini meno abbienti. Per ridurre le emissioni di gas serra è fondamentale "decarbonizzare" la

PRESENTAZIONE DELLA RELATRICE

La salute dei cittadini è influenzata da una serie di determinanti personali, sociali, economici e ambientali, tra cui abitazioni, trasporti, pianificazione urbana, vernici al piombo, spazi verdi, inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici. Le emissioni climalteranti pro capite sono prodotte in larga misura dagli abitanti dei Paesi industrializzati, che risiedono in città nel 70% dei casi. Per rispondere a queste necessità è nato il *Documento di indirizzo per la pianificazione urbana in un'ottica di salute pubblica*, siglato dall'accordo Stato-Regioni che integra le azioni di tutela e promozione della salute nella progettazione urbana e sottolinea la forte dipendenza tra il benessere fisico, psichico e sociale e l'ambiente urbano in cui si vive. I parchi urbani, forniscono potenziali risposte a molti problemi relativi alla salute umana, all'adattamento ai cambiamenti climatici e alle misure di mitigazione e sviluppo della città sostenibile, rappresentando un esempio di *nature-based solutions* accessibili a tutti i cittadini, che permettono di superare le disuguaglianze sociali.

Camilla Puccinelli
Istituto superiore di sanità

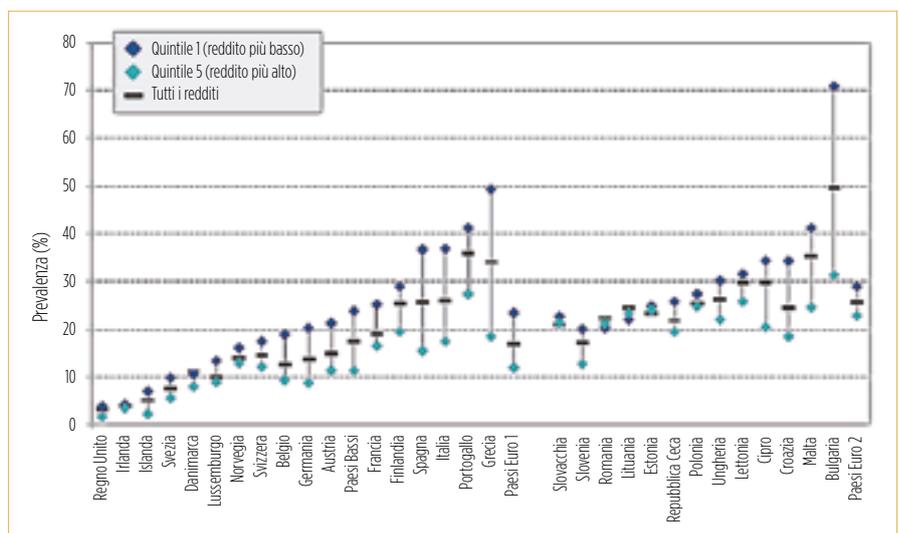


FIG. 1 DIFFERENZE TRA PAESI
Disuguaglianze nella capacità di garantire adeguato raffrescamento estivo durante l'estate per livello di reddito (Who Europe, 2019).
Fonte: Eurostat (2018)

produzione energetica: la generazione di energia da fonti rinnovabili dovrebbe essere sempre più locale e capillare, riducendo così le dispersioni lungo la rete di distribuzione e favorendo l'autonomia di piccole comunità per i fabbisogni domestici. L'altra grossa priorità è l'efficientamento degli edifici, con l'adozione dei

più avanzati standard costruttivi di coibentazione (anche attraverso tetti e pareti verdi), ventilazione e climatizzazione (a basso impatto di carbonio alimentati da solare termico), illuminazione (prevalentemente naturale e a basso consumo), l'applicazione della domotica e il riciclo di materiali di demolizione.

Le politiche energetiche e costruttive contribuirebbero, così, a ridurre le emissioni di gas serra del 60% entro il 2030. Il restante 40% potrebbe essere colmato dalla riprogettazione della mobilità e, in misura minore, della gestione dei rifiuti. In particolare, occorrerebbe rimodulare il sistema trasportistico modificando la gerarchia attualmente imperante in molte città, secondo cui gli spazi urbani sono pensati in primo luogo per le automobili anziché a misura d'uomo. Sebbene la conversione del parco di veicoli circolanti verso mezzi ibridi o elettrici ad alta efficienza non dipenda strettamente dai decisori locali, questi ultimi possono contribuire ad attuare localmente una "mobilità di nuova generazione" che include l'avvicinamento dei cittadini ai servizi e ai luoghi di lavoro e di studio per ridurre il più possibile gli spostamenti, lo studio dei flussi di traffico che porti a rafforzare il trasporto pubblico (con mezzi elettrificati) lungo gli assi viari più frequentati, ma anche la trasformazione delle stazioni della metropolitana in centri di aggregazione e socializzazione.

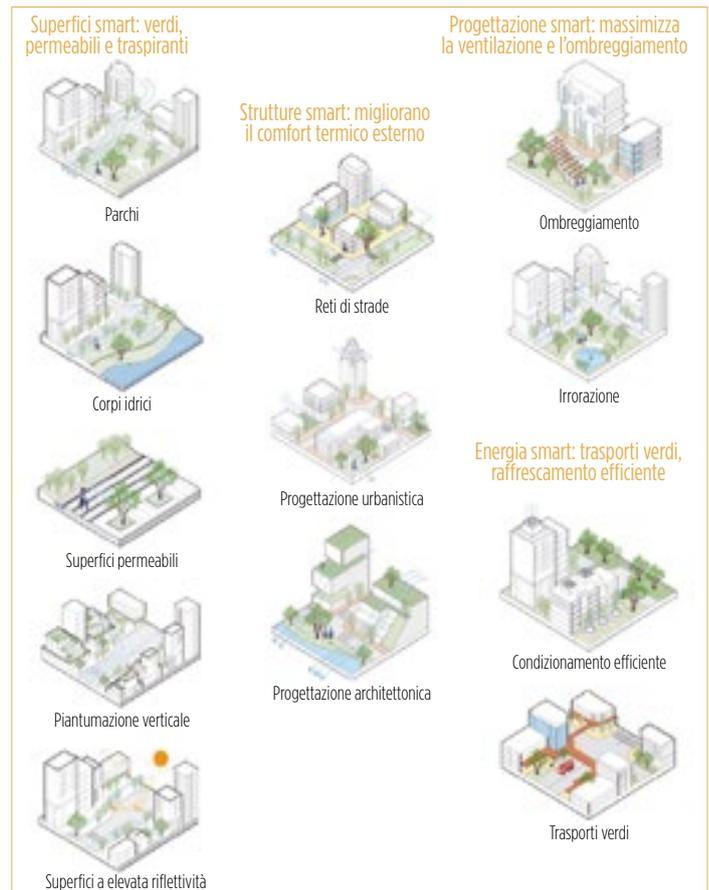
È necessario incoraggiare la mobilità attiva sviluppando circuiti sicuri e attrattivi percorribili a piedi o in bicicletta e favorire la conversione e condivisione dei mezzi privati in veicoli elettrici con incentivi e lo sviluppo di un'adeguata rete di stazioni di ricarica.

Per quanto riguarda le strategie di adattamento, la dimensione urbana si presta all'attuazione di interventi alla portata dei decisori locali: la priorità è il contrasto all'effetto "isola di calore" attraverso infrastrutture blu e verdi e la riprogettazione di spazi pubblici che favoriscano la ventilazione naturale, l'ombreggiatura e una maggiore albedo. Alcune di queste soluzioni, come l'incremento di spazi verdi e di percorsi pedonali e ciclabili, sono utili anche a migliorare la mobilità attiva e sostenibile e favorire le reti sociali e l'inclusione, riducendo al contempo i fattori di rischio per le malattie croniche, distribuiti soprattutto tra le popolazioni più povere. Tra le cause dell'effetto "isola di calore" in città, si annovera l'impermeabilizzazione del suolo che comporta una maggiore vulnerabilità anche al rischio alluvionale e si associa a perdita di biodiversità che espone le colture a una minore resilienza nei confronti della siccità. Per questo è raccomandabile che le città si proteggano dal rischio allagamento non solo costruendo infrastrutture capaci di assorbire le ondate di piena (aree e bacini inondabili, adeguamento

FIG. 2
ISOLE DI CALORE

Misure di adattamento che riducono l'effetto "isola di calore urbano".

Fonte: Guangzhou Urban Planning & Design Survey Research Institute, World Bank, 2022.



della rete fognaria e di drenaggio ecc.), ma soprattutto desigillando il più possibile il suolo impermeabilizzato, in modo che torni a garantire servizi ecosistemici quali il drenaggio delle acque e l'evapotraspirazione, particolarmente rilevanti in aree verdi alberate rispetto a quelle solo inerbite.

Infine il rischio incendi e siccità dovrebbe essere affrontato con un'adeguata sensibilizzazione della popolazione sul risparmio idrico, ma soprattutto con la disponibilità di serbatoi per l'emergenza idropotabile, il riciclo delle acque meteoriche a uso industriale o per irrigazione e pulizia domestica, e l'attuazione di sistemi di agricoltura urbana, utili ad accorciare la filiera produttiva ortofrutticola, a tutela delle popolazioni svantaggiate che risentirebbero per prime del rincaro dei prodotti agricoli ottenuti con agricoltura tradizionale.

Le *nature-based solutions* dunque sono individuabili come interventi equitativi e costo-efficaci per il contrasto alla maggior parte degli effetti del cambiamento climatico. È necessario privilegiare la piantumazione di specie resistenti al clima sempre più caldo e asciutto, a venti, uragani e incendi (che tendono a propagarsi più facilmente in presenza di conifere rispetto a foreste decidue). In ogni caso è necessario che la

pianificazione degli interventi sia specifica per la tipologia di città e gli scenari prevedibili in base alle conoscenze e alle esigenze degli *stakeholder* locali, che devono essere coinvolti nella progettazione.

Un'esperienza promettente è l'*urbanismo tattico*, cioè la trasformazione di piccole aree cittadine in piste ciclabili, piazze di socializzazione, zone *car free* ecc. con risorse limitate e il coinvolgimento attivo degli abitanti del quartiere interessato. Tali iniziative si sono dimostrate così efficaci nel restituire spazi urbani ai cittadini, spesso sottratti alle auto, che molti di questi interventi, inizialmente pensati come temporanei, sono diventati definitivi.

In conclusione, gli effetti del cambiamento climatico possono essere contrastati efficacemente solo attraverso un cambio di paradigma a tutti i livelli, non solo nelle politiche centrali energetiche, agricole, abitative e dei trasporti, ma anche nella pianificazione urbanistica, più direttamente sotto il controllo degli amministratori locali.

Morena Stroschia

Responsabile S.S. Igiene dell'abitato, S.C. Igiene e sanità pubblica, Asl Torino 5
Referente Programma predefinito 9 - Ambiente, clima e salute, del Piano regionale di prevenzione, Regione Piemonte

L'ESPOSIZIONE AL RADON INDOOR IN LOMBARDIA

L'INNOVATIVO ARTICOLO 11 DEL D.LSG 101/2020 INDIVIDUA LE AREE PRIORITARIE, CIOÈ LE ZONE DEL TERRITORIO NAZIONALE IN CUI LA CONCENTRAZIONE DEL GAS È SUPERIORE ALLA MEDIA. NEL GIUGNO 2023, LA REGIONE LOMBARDIA HA MAPPATO LE ZONE A RISCHIO, STRUMENTO FONDAMENTALE PER ORIENTARE GLI INTERVENTI A TUTELA DELLA SALUTE DEI CITTADINI.

Il radon è un gas nobile radioattivo naturale. È invisibile, inodore, incolore e insapore ed è un prodotto intermedio del decadimento di elementi radioattivi che si trovano nel suolo, nell'acqua e nei materiali da costruzione. Poiché è un gas, il radon può facilmente uscire e accumularsi nell'aria, all'aperto si diluisce e si disperde, ma all'interno, in ambienti chiusi, si concentra soprattutto quando la ventilazione degli edifici non è sufficiente. Il maggior contributo alla concentrazione di radon *indoor* proviene dal suolo, dal quale penetra all'interno degli edifici.

In generale, il problema dell'esposizione al radon viene sottovalutato perché non è percepito come un fattore di rischio rispetto ad altri tipi di esposizione (ad esempio i campi elettromagnetici), eppure l'Organizzazione mondiale della sanità (Oms), attraverso l'*International agency for research on cancer* (Iarc), ha classificato il radon come appartenente al gruppo 1 delle sostanze cancerogene per l'essere umano. Infatti, diversi studi epidemiologici hanno evidenziato una correlazione tra l'esposizione continua al radon e il rischio di sviluppare un tumore polmonare. L'entità del rischio cresce all'aumentare della concentrazione a cui si è esposti e all'aumentare della durata dell'esposizione. Il rischio esiste anche per esposizioni prolungate a concentrazioni di radon medio-basse, come quelle che si possono trovare comunemente nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro. Gli studi hanno inoltre evidenziato un incremento del rischio dovuto all'effetto sinergico tra esposizione al radon e fumo di sigaretta.

L'azione regionale

Nelle more dell'entrata in vigore del piano nazionale, l'azione della Regione Lombardia, aderendo ai principi introdotti dalla nuova disciplina statale, è finalizzata alla riduzione dei rischi a lungo termine attribuibili all'esposizione

PRESENTAZIONE DELLA RELATRICE

Il radon è la seconda causa di morte per cancro ai polmoni dopo il fumo ed è classificato cancerogeno umano di gruppo 1 (Who, 2009; Iarc, 1988). È quindi di primaria importanza ai fini della salute pubblica misurare il livello di conoscenza e di percezione della popolazione. Il rischio del radon è poco conosciuto ed è percepito come distante, incerto, anche perché gli effetti sanitari non sono immediati: il cancro ai polmoni si manifesta a distanza di anni.

Una strategia di comunicazione efficace è fondamentale per promuovere un cambiamento nella percezione del rischio, soprattutto nelle aree ad alto rischio di esposizione al radon. Nel caso specifico del radon è necessario fornire informazioni sui rischi sanitari a esso correlati, sui metodi di misura del gas e sulle azioni di bonifica per ridurre la concentrazione di radon negli edifici; a tal fine è necessario un approccio multidisciplinare che tenga in considerazione anche il contesto sociale ed economico.

Le campagne di comunicazione del rischio, inoltre, dovrebbero essere affiancate da politiche di incentivi fiscali per effettuare misure di mitigazione e bonifica, a sostegno dei residenti con basso reddito. I messaggi dovrebbero essere chiari e affidabili, poiché la percezione generale dell'esposizione ai radionuclidi è complessa, i messaggi dovrebbero essere efficaci e diffusi attraverso i canali più convenienti e pertinenti, inclusi internet e i social network. La comunicazione del rischio può svolgere un ruolo rilevante specialmente se integrata in esperienze di *citizen science*, in cui i cittadini assumono direttamente l'iniziativa e la responsabilità di produrre conoscenza e gestire i risultati e le azioni di prevenzione insieme alle autorità competenti.

Francesca De Maio
Ispira

al gas radon e si sta sviluppando attraverso atti di indirizzo, di governo e di monitoraggio che diverranno parte integrante dell'azione di sistema che la Direzione generale Welfare assicura per il tramite delle Agenzie di tutela della salute (Ats), delle Aziende socio-sanitarie territoriali (Asst) e delle Unità operative ospedaliere di Medicina del lavoro (Uooml) con la continua collaborazione di Arpa Lombardia e delle istituzioni di livello nazionale e internazionale. Con l'approvazione della legge regionale 3 del 3 marzo 2022 "Modifiche al Titolo VI della Lr 30 dicembre 2009, n. 33 (Testo unico delle leggi regionali in materia di sanità) e alla Lr 10 marzo 2017, n. 7 (Recupero dei vani e locali seminterrati esistenti)", la Regione ha dato un ulteriore impulso rispetto al passato verso una più ampia tutela della salute dei cittadini e dei lavoratori nei confronti del radon.



Individuazione delle aree prioritarie

Sono definite aree prioritarie (comma 3 dell'art. 11 del Dlgs 101/2020) quelle porzioni di territorio nei quali la stima della percentuale di edifici che superano come media annua i 300 Bq/m³ (livello di riferimento) è superiore al 15%. Tale percentuale si riferisce agli edifici situati al piano terra. In tal modo viene per la prima volta fornita una precisa

indicazione tecnica per la definizione di “mappe radon” regionali.

La Regione Lombardia negli anni ha approfondito, a più riprese, le indagini territoriali con campagne di mappatura e monitoraggio analitico in collaborazione con Arpa Lombardia e i Dipartimenti di prevenzione delle Ats, al fine di conoscere la distribuzione statistica della concentrazione di radon in ambienti chiusi sul territorio; con l'avvento del nuovo decreto è stato avviato un nuovo studio al fine di individuare le aree prioritarie sulla base dei dati e delle informazioni disponibili, i cui esiti sono contenuti nella relazione di Arpa Lombardia *Prima individuazione delle aree prioritarie in Lombardia*, approvata con Dgr 508 del 26 giugno 2023.

Nella *figura 1* è riportata la mappa nella quale sono presentati i primi comuni Lombardi classificati in area prioritaria ex Dlsg 101/2020. La base dati disponibile per la prima individuazione delle aree prioritarie è costituita dai dati raccolti nel corso di due campagne regionali distinte effettuate da Arpa Lombardia negli anni 2003-2004 e 2009-2010, attraverso le quali complessivamente sono state effettuate 3.933 misurazioni della concentrazione media annuale di radon *indoor* distribuite in 551 comuni, pari al 37% dei comuni lombardi. Tutte le misurazioni hanno avuto durata annuale e sono state effettuate in ambienti al piano terra, presso luoghi di lavoro, scuole o edifici residenziali. Le analisi sono state effettuate da Arpa Lombardia presso il Laboratorio di radioattività ambientale della sede di Bergamo (ora Unità operativa Centro regionale Radioprotezione), utilizzando la tecnica dei rivelatori a tracce nucleari di tipo CR-39. La concentrazione media annuale misurata varia da 8 a 1.793 Bq/m³. La distribuzione dei dati è caratterizzata da una media aritmetica pari a 137 Bq/m³ e da una media geometrica pari a 89 Bq/m³. L'8,1% dei locali misurati presenta valori di concentrazione media annua di radon *indoor* superiori a 200 Bq/m³ e il 3,6% superiori a 300 Bq/m³. Le campagne sono state progettate suddividendo il territorio in maglie, in funzione delle caratteristiche geologiche e morfologiche dominanti nelle diverse aree della regione; la prima identificazione delle aree prioritarie è basata su analisi statistica dei dati disponibili, che garantiscono una buona copertura del territorio regionale con una densità di informazione maggiore nelle aree in cui la variabilità

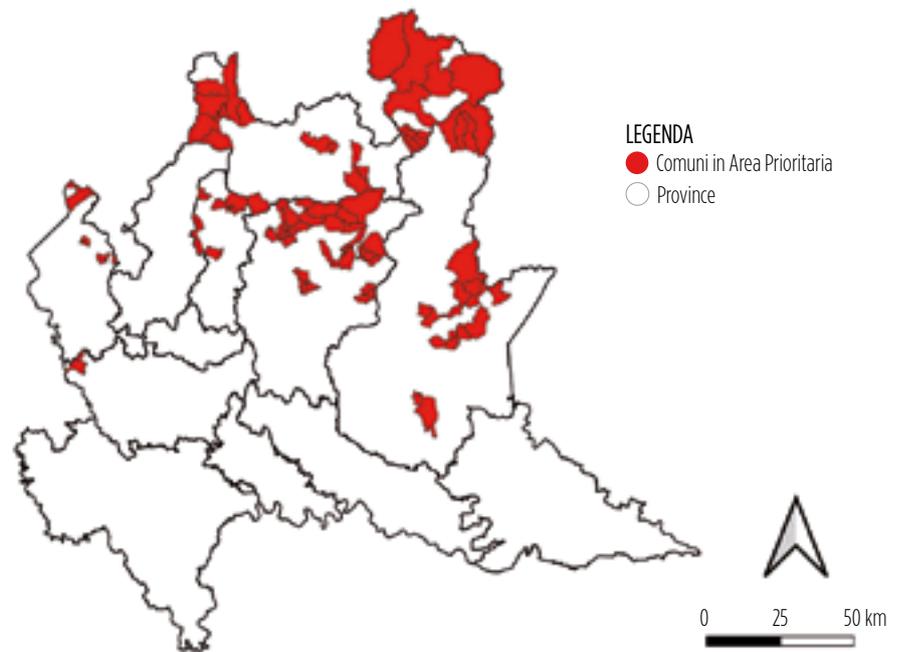


FIG.1 PRIMA INDIVIDUAZIONE DELLE AREE PRIORITARIE IN LOMBARDIA

Gli esiti sono contenuti nella relazione di Arpa Lombardia (Dgr 508 del 26/06/2023, Gu Serie generale n. 211 del 09/09/2023).

attesa delle concentrazioni di radon *indoor* è maggiore in conseguenza della variabilità dal punto di vista geologico e geomorfologico dell'area montana e pedemontana. In seguito, l'unità di campionamento è stata modificata passando dalla maglia, utilizzata nella fase di pianificazione e realizzazione delle campagne di misura, al Comune individuato come l'unità di campionamento più utile ai fini della declinazione operativa degli adempimenti di legge di cui al Dlgs 101/2020.

In generale, i risultati delle campagne di misura hanno mostrato come nell'area di pianura, dove il substrato alluvionale, poco permeabile al gas, presenta uno spessore maggiore, la presenza di radon sia poco rilevante; nelle aree montane e pedemontane in provincia di Sondrio, Varese, Bergamo, Brescia e Lecco le concentrazioni sono risultate invece decisamente più elevate. Le analisi statistiche sulle misure effettuate in Lombardia hanno inoltre mostrato che la concentrazione di radon *indoor*, oltre che alla zona geografica e quindi alle caratteristiche geomorfologiche del sottosuolo, è anche strettamente correlata alle caratteristiche costruttive, ai materiali utilizzati, alle modalità di aerazione e ventilazione e alle abitudini di utilizzo del singolo edificio o unità abitativa.

Lo scopo del decreto 101, ripreso anche dalla legge regionale 3/2022, è quello di sensibilizzare la popolazione rispetto a un rischio ubiquitario e sinora poco percepito

e di informare sui modi con cui si può gestire e ridurre. Le aree individuate come prioritarie non sono le uniche in cui il problema esiste, bensì quelle in cui si è ritenuto di dare una priorità agli interventi di sensibilizzazione, che devono essere estesi a tutta la regione. Poiché non esiste un valore soglia al di sotto del quale il rischio è nullo, ci si aspetta che il numero di casi di tumore al polmone attribuibile al radon sarà maggiore nelle aree più densamente abitate che sono ubicate nella fascia di pianura, anche se in queste zone le concentrazioni di radon *indoor* sono mediamente più basse. Sarà cura della Regione, in collaborazione con i Dipartimenti di prevenzione e igiene sanitaria delle Ats e Arpa, promuovere azioni di informazione e sensibilizzazione per la comunicazione efficace e corretta su tutto il territorio regionale del rischio radon. Inoltre, è prevista la programmazione di nuove campagne di misurazioni a cura di Arpa Lombardia, d'intesa con la Regione e in collaborazione con le Ats, nei Comuni che si trovano nelle aree potenzialmente a maggior rischio e non ancora sufficientemente indagate, per integrare la base dati disponibile e aggiornare l'individuazione delle aree prioritarie in Lombardia mediante l'analisi di ulteriori dati di concentrazione di radon *indoor*.

Veronica Todeschini

Direzione generale Welfare, Struttura Prevenzione sanitaria da rischi ambientali, climatici e lavorativi, integrazione ambiente, clima e salute, Regione Lombardia

POPOLAZIONE E SALUTE NELLA VALUTAZIONE AMBIENTALE

LA NORMATIVA VIGENTE COMPRENDE LA SALUTE TRA I FATTORI DA CONSIDERARE NELL'AMBITO DELLE VALUTAZIONI AMBIENTALI DI PROGETTI, PIANI E PROGRAMMI. I PRINCIPALI STRUMENTI TECNICO-METODOLOGICI A OGGI DISPONIBILI E I RISULTATI DI UNA BREVE INDAGINE SU UN CAMPIONE DI PROGETTI PER I QUALI È STATA PRESENTATA ISTANZA DI VIA.

I procedimenti di valutazione ambientale (Via, Vas e Vinca), *ex lege*, sono volti a individuare e stimare, dal punto di vista sia qualitativo sia quantitativo, gli “effetti significativi, diretti e indiretti, di un piano, programma o di un progetto” sull’ambiente e, in particolare, su una serie di fattori specificamente individuati dall’art. 5, comma 1 lett. c) del Dlgs. 152/2006, quali: “popolazione e salute umana; biodiversità, con particolare attenzione alle specie e agli habitat protetti in virtù della direttiva 92/43/CEE e della direttiva 2009/147/CE; territorio, suolo, acqua, aria e clima; beni materiali, patrimonio culturale, paesaggio”, nonché valutare anche le possibili interazione tra gli stessi.

A determinare lo stato di salute di un individuo, una comunità o una popolazione partecipano variabili di molteplice natura (ambientale, territoriale, epidemiologica, tossicologica, demografica, culturale, sociale ecc.), che si relazionano anche in maniera non lineare tra loro. La stessa Organizzazione

PRESENTAZIONE DELLA RELATRICE

Nonostante negli ultimi anni sia cresciuta la consapevolezza della rilevanza del tema salute pubblica nelle procedure ambientali, restano purtroppo ancora carenze rilevanti nella trattazione di tale componente in alcune tipologie progettuali. Restano, inoltre, alcuni nodi critici quali la mancata disponibilità di dati sanitari, utili ai fini di evidenziare la presenza di vulnerabilità della popolazione potenzialmente esposta, e la scarsa collaborazione con gli enti sanitari territoriali. Per risolvere tali criticità il Ministero della Salute nel *Piano di investimenti complementare al Pnrr* (Missione 6 Componente 1 Salute, ambiente, biodiversità e clima) ha finanziato due attività specifiche volte a implementare la collaborazione tra Agenzie regionali ambientali e sanitarie e alla condivisione e integrazione dei dati sanitarie e ambientali anche a supporto delle procedure di valutazione ambientale.

Le linee di attività sono:

- investimento 1.1: rafforzamento complessivo delle strutture e dei servizi di Snps e Snpa (Sistema nazionale prevenzione salute dai rischi ambientali e climatici e Sistema nazionale di protezione dell’ambiente) a livello nazionale, regionale e locale, migliorando le infrastrutture, le capacità umane e tecnologiche e la ricerca applicata
- investimento 1.5: creazione di una piattaforma di rete digitale nazionale Snpa-Snps.

La complessità della relazione tra esposizioni ambientali ed esiti sanitari, spesso multifattoriali, rende il percorso ancora lungo e tortuoso. La collaborazione interdisciplinare tra esperti di settori ambientali (esperti della qualità dell’aria, del rumore) e sanitari (epidemiologi, tossicologi ecc.) è fondamentale per lo sviluppo di modelli sempre più precisi utili a definire la popolazione realmente esposta a specifiche concentrazioni di inquinanti e a stimare i potenziali impatti sanitari.

Francesca De Maio
Ispra



FOTO: G. RINCHIERA

mondiale della sanità nel 1948 aveva definito la salute come “uno stato di completo benessere fisico, mentale e sociale e non la semplice assenza dello stato di malattia o di infermità”, attribuendole, anche solo per definizione, una connotazione multidisciplinare e trasversale.

Sebbene molti passi in avanti siano stati fatti per attribuirle un rilievo tecnico-scientifico adeguato, il risultato non può ritenersi definitivo. Le notevoli complessità che ancora si presentano sul piano scientifico e metodologico, insieme alla difficoltà nel reperimento e utilizzo dei dati sanitari a causa della loro sensibilità, rendono ancora lontana la piena effettività degli strumenti normativi, conferendo notevole complessità e incertezza delle valutazioni previsionali concernenti l'impatto sulla salute pubblica degli interventi di volta in volta presi in considerazione.

Le norme tecniche Snpa per gli studi di impatto ambientale

Ispra e le Arpa regionali, nel luglio 2019, hanno pubblicato il documento *Valutazione di impatto ambientale. Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale*, che fornisce le linee guida utili per la redazione, da parte dei proponenti, e la valutazione, da parte dei soggetti preposti, degli studi di impatto ambientale (Sia) per le opere previste dal Dlgs 152/06.

I passaggi tecnici principali per individuare e stimarne i potenziali impatti, anche sulla salute umana, sono rappresentati da:

- caratterizzazione dello scenario di base (inquadra la situazione ambientale e territoriale complessiva prima della realizzazione di qualsiasi intervento, identificando la presenza di eventuali categorie sensibili o a rischio)
- analisi della compatibilità dell'opera (stima degli impatti potenziali)
- monitoraggio della salute della popolazione presente nell'area interessata dall'opera (controllo degli effetti e impatti nel tempo).

Un altro aspetto importante da considerare per stabilire la compatibilità dell'opera è rappresentato dalla previsione di misure di mitigazione (per annullare e contenere gli impatti) o di compensazione (interventi di riqualificazione sull'area di interesse).

Principi della Valutazione di impatto sanitario (Vis) e linee guida Iss

I principi fondamentali alla base del concetto di impatto sanitario sono contenuti negli accordi internazionali e nella disciplina comunitaria, di recente inclusi con il Dlgs 104/2017 nel Testo unico ambientale, che ha ricompreso la Valutazione di impatto sanitario (Vis) come procedura vera e propria all'interno del processo di Via sia come definizione (art. 5) sia individuando le tipologie progettuali per le quali se ne rende necessaria l'elaborazione (allegato II alla Parte II). Pertanto, per queste categorie di opere (grandi impianti di combustione, quali ad esempio raffinerie, centrali termoelettriche, rigassificatori ecc.), in ragione degli impatti ambientali e sanitari che si verificano in fase di realizzazione o di esercizio, i proponenti hanno l'obbligo, contestualmente all'avvio dell'istanza di Via, di presentare lo studio di Vis, predisposto in conformità alle linee guida dell'Istituto superiore di sanità (adottate con decreto dal Ministero della Salute nel marzo 2019).

Va evidenziato come, rispetto all'espressione della direttiva comunitaria, l'introduzione della Vis come procedura tecnico-scientifica vera e propria sia un passo in avanti che ha fatto la normativa italiana. La Vis, come definizione generale, è “la combinazione di procedure, metodi e strumenti utili a valutare i potenziali, e talvolta non intenzionali, effetti che una politica, un piano, un programma o un progetto hanno sulla salute di una popolazione e la distribuzione di tali effetti all'interno della popolazione esposta, individuando le azioni appropriate per la loro gestione”, cioè delle azioni per gestirne gli effetti e mitigarne i rischi (Who, 1999). La finalità risiede, quindi, nel valutare come un'opera possa generare cambiamenti sul territorio, direttamente e indirettamente sui determinanti di salute e, conseguentemente, produrre un cambiamento nello stato di salute della popolazione interessata. La valutazione del rischio si basa su un approccio tecnico-scientifico possibilmente integrato tra aspetti epidemiologici e tossicologici, che esprima una valutazione prospettica del rischio sanitario, rispetto all'esposizione potenziale cui saranno sottoposte le popolazioni presenti nelle aree interessate dai potenziali impatti del progetto.

Analisi preliminare per alcune tipologie di opere

Per valutare in che modo sia stata trattata la componente in oggetto, è stato estratto un campione di progetti (21 centrali termoelettriche, 10 metanodotti, 3 strade e 9 ferrovie) tra quelli esaminati a partire dal 2020 dalla Commissione valutazione impatto ambientale (Ctva) del Mase, relativi a istruttorie e verifiche di assoggettabilità a Via e provvedimenti unici in materia ambientale. La scelta è stata indirizzata a tipologie per le quali la componente in esame potesse avere rilevanza differente. Per ciascun progetto sono stati verificati i dati impiegati per definire lo stato *ante operam*, eventuali richieste di integrazione in fase istruttoria e il decreto autorizzativo conclusivo.

Dalla sintesi dei risultati è emerso:

- che la componente è trattata in maniera disomogenea: spesso non viene valutata nei metanodotti, è trattata in modo superficiale nelle infrastrutture lineari strade e ferrovie, richiede uno studio Vis per le centrali termoelettriche
- una scarsa se non completa assenza di interazione con gli enti territoriali, con i quali non si instaura un rapporto di effettiva collaborazione
- una superficiale descrizione degli impatti, spesso basati su dati spesso non aggiornati. I report di Vis sono carenti degli aspetti necessari a costruirne il quadro completo
- che le valutazioni riguardano esclusivamente gli impatti derivanti dalle emissioni in atmosfera (via di esposizione inalatoria), con scarsa attenzione verso gli impatti su suolo e acque
- che dal punto di vista demografico ed epidemiologico i dati a livello comunale, spesso, non sono presenti o non resi disponibili in tempi utili delle Asl
- che per l'*ante operam* spesso si impiegano dati non aggiornati, presentando lacune nella definizione dei profili di salute e mancanza di un'analisi ecotossicologica e di uno studio del contesto epidemiologico (come l'individuazione di gruppi sensibili)
- che la fase di monitoraggio riveste un ruolo puramente teorico.

Giuseppe Trinchera

Ricercatore Ispra

LE POSSIBILI CAUSE AMBIENTALI DELL'OBESITÀ

È COMUNE PENSARE CHE L'OBESITÀ SIA DOVUTA A SOVRALIMENTAZIONE E SCARSO ESERCIZIO FISICO. TUTTAVIA MOLTE COMPONENTI CONTRIBUISCONO ALLO SVILUPPO DELLA MALATTIA E ALLA SUA PATOGENESI. CRESCE L'ATTENZIONE SU ALCUNE SOSTANZE CHIMICHE AMBIENTALI (OBESOGENI) CHE SEMBRANO COINVOLTE NELLO SVILUPPO DI QUESTA CONDIZIONE.

L'obesità è una condizione cronica e recidivante caratterizzata da un eccesso di grasso corporeo. La sua prevalenza è aumentata a livello globale a partire dagli anni '70 diventando una vera e propria pandemia globale. Nel mondo il numero di persone obese e in sovrappeso è oggi superiore a quello delle persone sottopeso.

L'obesità incide profondamente sullo stato di salute poiché si può accompagnare a diabete mellito di tipo 2, dislipidemia, ipertensione arteriosa, cardiopatia ischemica e altre condizioni morbose che peggiorano la qualità di vita e ne riducono la durata. Inoltre, sovrappeso e obesità sono tra i principali fattori di rischio oncologico.

Per contrastare sovrappeso e obesità nell'infanzia e nell'adolescenza e ridurre la prevalenza in età adulta, è molto importante agire fin dal periodo preconcettuale e in gravidanza. I gruppi socialmente vulnerabili sono i più colpiti dall'obesità in quanto hanno meno accesso all'educazione e a corrette informazioni su stili di vita e salute e vivono, di solito, in zone che non facilitano uno stile di vita attivo. Molto spesso, inoltre, i cibi più economici hanno minore qualità nutrizionale ed elevata densità energetica, rendendo difficile l'adozione di un'alimentazione sana ed equilibrata. Nel nostro Paese sono attivi diversi sistemi di sorveglianza che ci restituiscono un quadro del problema. Complessivamente in Italia si possono stimare in circa 4 milioni le persone adulte obese. Ma come farebbe l'ambiente a contribuire all'epidemia di obesità?

Gli obesogeni

Nel 2006, Blumberg e Grün hanno proposto l'esistenza di sostanze chimiche che alterano il sistema endocrino e che possono contribuire allo sviluppo dell'obesità e pertanto furono chiamate obesogeni. Gli obesogeni sono sostanze

PRESENTAZIONE DELLA RELATRICE

L'obesità costituisce una vera e propria pandemia che colpisce fasce sempre più giovani di popolazione. La recente pandemia di Covid-19 ha identificato l'obesità come uno dei fattori più critici per lo sviluppo della malattia severa, tanto da definire la relazione fra Covid e obesità come una pandemia nella pandemia. L'effetto dell'inquinamento atmosferico sulle malattie metaboliche, inclusi il diabete e l'obesità, sta diventando sempre più importante, anche se ancora resta un ambito negletto della ricerca. La difficoltà di identificare correlazioni positive univoche tra esposizione ambientale e obesità è principalmente dovuta alla multifattorialità di questa malattia.

Una recente revisione sistematica della letteratura ha evidenziato questa difficoltà, mostrando un'associazione positiva fra inquinamento e obesità solo nel 44% dei casi. Gli studi sperimentali, invece, mostrano evidenze più consistenti indicando anche i possibili meccanismi di azione. I componenti dell'inquinamento atmosferico sono diversi e hanno meccanismi d'azione diversi sull'obesità.

L'iperproduzione di specie reattive dell'ossigeno (Ros) citosolici induce danni ossidativi in tutti i modelli cellulari esposti in modo acuto o ripetuto al PM. Studi in vivo hanno suggerito che l'esposizione al PM può interferire con il metabolismo dei lipidi inducendo una risposta infiammatoria nel tessuto adiposo, che porta alla crescita eccessiva del tessuto stesso, causando l'obesità. Questi esempi, uniti a molte altre evidenze sperimentali riportate recentemente in letteratura, incluse quelle relative agli eventi molecolari e alla modulazione genica da parte del PM e delle sue componenti, suggeriscono la necessità di studi epidemiologici e tossicologici mirati e robusti.

Le evidenze scientifiche devono ancora tradursi in linee guida per identificare le sostanze che possono indurre a una sindrome metabolica e delineare così efficaci strategie di prevenzione primaria.

Annamaria Colacci

Arpa e Università degli studi di Bologna



chimiche che provocano un aumento della massa del tessuto adiposo bianco dopo l'esposizione in vivo. I potenziali obesogeni, invece, sono sostanze chimiche che inducono la differenziazione degli adipociti in vitro ma non hanno ancora dimostrato di aumentare l'accumulo di tessuto adiposo bianco in vivo. Le sostanze chimiche obesogene possono agire direttamente sulla fisiologia del tessuto adiposo modulando l'azione delle cellule staminali, la loro differenziazione in adipociti, nonché il numero, le dimensioni e il contenuto di trigliceridi degli adipociti.

Molte sostanze chimiche, note per essere obesogene nei modelli animali, sono state associate anche a un aumento della prevalenza dell'obesità, dell'indice di massa corporea (Imc) e del peso corporeo nell'uomo. Si tratta di sostanze molto diffuse nel nostro ambiente e sono state identificate nella polvere, nell'acqua, negli alimenti trasformati, negli imballaggi alimentari, nei contenitori per la conservazione degli alimenti, nei cosmetici e nei prodotti per la cura della persona, nei mobili e nell'elettronica, nell'atmosfera, nei solventi, nei disinfettanti, pesticidi, creme solari, plastica e plastificanti, dolcificanti non nutritivi, alcuni antidepressivi, farmaci antidiabetici e comuni prodotti per la casa.

Disturbi metabolici

Gli obesogeni possono incidere negativamente sul metabolismo (ad esempio, con il diabete di tipo 2, la malattia del fegato grasso non alcolica, l'insulinoresistenza), o contribuire direttamente all'aumento della massa grassa. Queste sostanze possono modificare il tasso metabolico, la composizione del microbiota e il controllo ormonale del comportamento alimentare. Alcuni obesogeni influiscono anche sulla funzione tiroidea, mediatore

chiave del metabolismo dei carboidrati e dei lipidi, dell'ossidazione dei grassi, dell'assunzione di cibo e del tasso metabolico a riposo. La maggior parte degli obesogeni sono un sottoinsieme di una classe più ampia di sostanze chimiche alteranti il metabolismo. Alcuni obesogeni inoltre non sono classificabili come *endocrine disrupting chemicals* (Edc), in quanto influenzano l'obesità attraverso una modalità d'azione diversa da quella endocrina.

Tempistica d'azione

Il paradigma *Developmental origins of health and disease* (Dohad) si concentrava inizialmente sulla nutrizione alterata durante la gravidanza e sui suoi effetti sulle malattie, inclusa l'obesità. Divenne presto evidente che esistono finestre di vulnerabilità per l'esposizione agli Edc, inclusi gli obesogeni. Questa maggiore sensibilità agli obesogeni, durante lo sviluppo, deriva da molteplici fattori interagenti compresi il rimodellamento epigenetico, un immaturo sistema immunitario, la mancanza di riparazione del Dna, lo scarso metabolismo epatico e barriere emato-encefaliche ed emato-organo parzialmente sviluppate. Questi fattori consentono alle sostanze chimiche di avere emivita più lunga e di raggiungere i tessuti normalmente irraggiungibili. Lo sviluppo è controllato dagli ormoni e da fattori di crescita che determinano quali geni vengono attivati e disattivati in modo sincronizzato portando allo sviluppo di tessuti normali. Gli interferenti endocrini, compresi gli obesogeni, alterano l'azione ormonale nei momenti critici, portando a cambiamenti nei modelli epigenetici e nell'espressione genica, con conseguente maggiore suscettibilità alle malattie metaboliche e all'obesità più avanti nella vita.

Il preconcepimento, la gravidanza e la prima infanzia sono i periodi più sensibili in cui gli obesogeni influenzano lo sviluppo dei tessuti portando all'obesità più avanti nella vita. Tuttavia, anche l'esposizione agli obesogeni in età adulta può causare cambiamenti che portano a una maggiore suscettibilità all'obesità. Ci sono però scarse prove che dimostrano che gli effetti dell'esposizione agli obesogeni in età adulta persistano per tutta la vita; al contrario, le esposizioni nella fase dello sviluppo, possono suscitare cambiamenti che persistono per tutta la vita e oltre, attraverso le generazioni.

Stabilire un nesso causale tra esposizione alle sostanze e obesità, richiede l'identificazione del loro meccanismo d'azione. Numerosi studi hanno cercato di delineare questi meccanismi definendone i principali percorsi: tramite recettori per l'attivazione della proliferazione perossisomiale (Ppar), l'interferenza ormonale e l'infiammazione negli esiti obesogenici.

Conclusioni

Nessun fattore genetico o ambientale conosciuto può da solo determinare la pandemia globale di obesità. Probabilmente, genetica, stress, ipernutrizione, mancanza di esercizio fisico, virus, farmaci e obesogeni sono tutti fattori importanti che hanno effetti diversi a seconda dell'equilibrio fra essi. Non è facile determinare con esattezza gli effetti degli obesogeni sull'obesità perché ogni sostanza chimica è diversa, le persone sono diverse e l'esposizione varia a livello regionale e globale. Inoltre, le esposizioni di interesse possono essersi verificate anni, decenni o generazioni prima.

Marilisa Falzone

Biologa

FIG. 1
SORGENTI
DEGLI OBESOGENI

Alcune delle principali classi di obesogeni e fonti di esposizione, che avviene attraverso l'aria, l'acqua, gli alimenti e il contatto con la pelle.

Fonte: Heindel J.J. et al., 2022, "Obesity II: Establishing causal links between chemical exposure and obesity", *Biochemical Pharmacology*, 199, May 2022, 115014.



UN TAVOLO TECNICO PER LA GESTIONE DEL SIN DI FIDENZA

LA GESTIONE DEI SITI CONTAMINATI IMPLICA IL BILANCIAMENTO TRA LA PRESENZA DI SOSTANZE PERICOLOSE E LA COMPLESSITÀ DELLA GESTIONE DEL PROCEDIMENTO. IL TAVOLO TECNICO TRA ARPAE E COMUNE HA FORNITO UN COSTANTE PUNTO DI CONTATTO TRA GLI ENTI, GARANTENDO IL NECESSARIO APPROFONDIMENTO DEGLI ASPETTI TECNICI E DELLE VALUTAZIONI AMBIENTALI.

L'area ex Cip (figura 1), è parte integrante del Sito di interesse nazionale (Sin) di Fidenza, istituito dal decreto ministeriale n. 468 del 18 settembre 2001. Si trova ubicata nel quartiere industriale posto a nord del centro urbano, è un'area industriale dismessa, lungo il polo ferroviario e a poche centinaia di metri dalla piazza comunale. Fu sede di Montecatini-Montedison industrie, negli anni '30 e '40 per la produzione di fertilizzanti fosfatici e della Compagnia italiana petroli (Cip), la quale a iniziare dal 1952 ha svolto lavorazioni chimiche collegate al ciclo del piombo tetraetile (Tel) e successivamente si è occupata della sintesi di prodotti organici costituiti da mercaptani, utilizzati quali odorizzanti per gas naturale. Dagli anni '70 l'area, dopo chiusura per fallimento, è stata posta sotto curatela fallimentare.

La contaminazione presente nel sito (figura 2) coinvolge sia il suolo profondo sia le acque di falda (acque sotterranee) ed è caratterizzata dalle sostanze chimiche impiegate nei processi produttivi utilizzati durante l'attività effettuata nel sito, oltre che da alcuni contaminanti provenienti per migrazione dall'adiacente area ex Carbochimica e derivanti dalla distillazione del carbon-fossile (Ipa, Btex, fenoli). Relativamente alla presenza di metalli pesanti quali arsenico, zinco e rame, le contaminazioni sono ascrivibili alle attività industriali svolte nel sito prima dell'insediamento della Cip.

Le attività di bonifica effettuate

Le prime indagini effettuate sul Sin sono iniziate, per opera dell'allora Usl 5, sull'area ex Cip nel 1988 e sulla Carbochimica nel 1991. L'acquisizione dell'area, avvenuta nel 2001 dalla curatela fallimentare e la successiva assegnazione dei fondi, da parte della Regione Emilia-Romagna e dall'allora Mattm, hanno permesso l'avvio delle procedure di bonifica ai sensi del

PRESENTAZIONE DEL RELATORE

L'istituzione di un tavolo tecnico fra Comune e Arpae per supportare la gestione del procedimento di bonifica del Sin di Fidenza (PR) presenta numerosi aspetti positivi nell'ambito delle tematiche di ambiente e salute:

- *coordinamento delle risorse*: questa sinergia ottimizza l'utilizzo delle competenze e delle risorse umane, finanziarie e tecnologiche disponibili, contribuendo a una maggiore efficienza nella gestione della bonifica
- *scambio di conoscenze*: il tavolo tecnico offre un forum per lo scambio di conoscenze e informazioni che favorisce una comprensione più approfondita del contesto oggetto di intervento
- *gestione sostenibile*: il tavolo tecnico sviluppa una pianificazione strategica più accurata e mirata; le decisioni condivise consentendo l'individuazione di strategie e azione più solide e ben calibrate e un'ottimizzazione delle tempistiche procedurali
- *monitoraggio e valutazione*: questa collaborazione facilita il monitoraggio continuo delle attività di bonifica e dei risultati ottenuti. Ciò consente di apportare correzioni o aggiustamenti tempestivi e di garantire che i progressi siano allineati agli obiettivi stabiliti.

In conclusione, l'istituzione di questo tavolo tecnico rappresenta un approccio strategico e collaborativo per la gestione del Sin di Fidenza, i cui vantaggi contribuiscono a una bonifica più efficiente e sostenibile dell'area.

Giacomo Zaccanti
Arpae Emilia-Romagna

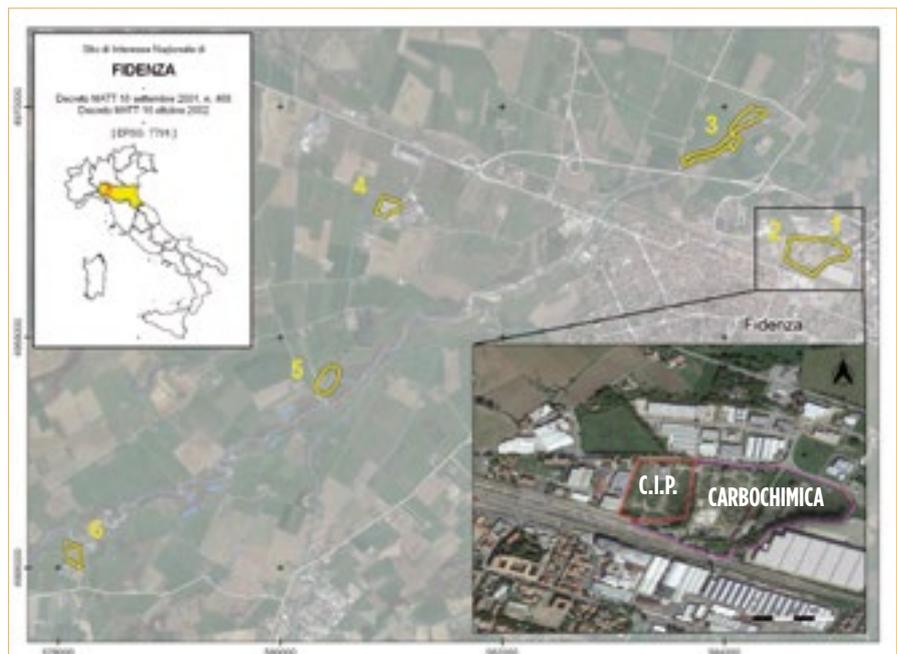


FIG. 1 AREA EX CIP, SIN DI FIDENZA

Sin di Fidenza: 1. area ex Carbochimica confinante con area ex Cip (Fidenza); 2. area ex Cip, confinante con area ex Carbochimica (Fidenza); 3. discarica località Vallicella (Fidenza); 4. area ex Fonderie Conforti (Fidenza); 5. discarica località Forno (Fidenza); 6. area ex Forno inceneritore (Salsomaggiore). Ingrandimento Area Ex Cip e ex Carbochimica.

Dm 471/99. Gli interventi di messa in sicurezza di emergenza (Mise) hanno consentito la rimozione delle principali fonti di inquinamento e in particolare delle vasche contaminate da piombo tetraetile. Con l'approvazione del progetto di bonifica, sono quindi proseguite le attività di scavo, già avviate con la Mise, fino alla completa asportazione del terreno nelle aree residuali ancora contaminate da piombo inorganico, arsenico, rame e zinco. Il terreno contaminato asportato è stato trattato *in situ*, mediante l'utilizzo di biopila.

Attualmente non sono presenti opere murarie fuori terra e sono state bonificate le aree (fanghi) ad alta/altissima concentrazione di Tel, le cisterne interraste e le reti tecniche.

Come intervento di ripristino ambientale, si vorrebbe riutilizzare il terreno bonificato per realizzare una duna boscata posta nella zona a sud, lungo il tratto antistante la ferrovia.

Gli step temporali e procedurali principali della gestione del sito sono di seguito riepilogati:

- avvio bonifica, nel 2006 con Dm Ambiente 2935 sono stati autorizzati in via provvisoria l'avvio dei lavori relativi al "Progetto definitivo di bonifica relativo al sito denominato ex Cip"
- approvazione del progetto definitivo di bonifica, nel 2008 con decreto direttoriale 4993
- approvazione della variante al progetto definitivo di bonifica, nel 2015 con Dm 50
- approvazione della variante suppletiva al progetto esecutivo, II stralcio della variante al progetto definitivo, nel 2021 con Dm 124.

La situazione allo stato attuale dell'area ex Cip è la seguente:

- sub-area H: terreni bonificati e verificato da Arpa il raggiungimento della colonna 2 tab. 1 Dlgs 152/06; sull'area è stata realizzata la struttura per il futuro impianto di cogenerazione a turbogas
- sub-aree A, B, D ed E bonifica realizzata solo in parte con problematiche residue sui suoli (difficoltà a raggiungere i limiti imposti nel suolo per il piombo tetraetile)
- sub-aree G conclusione degli interventi di trattamento suoli in biopile; è stata attivata la barriera idraulica a confine con la ex Carbochimica; è stato realizzato il setto bentonitico a confine con la ex Carbochimica
- ritombamento dell'area D e ritombamento dell'area G con terre autoctone (dopo verifica analitica), terre e rocce da scavo alloctone e terre classificate

con materie prime seconde (in tutti i casi attuando le procedure e predisponendo i dovuti certificati analitici).

Gestione del sito contaminato, l'esperienza del tavolo tecnico

Nell'ottica ridurre e snellire i tempi di gestioni di questo Sin, è stato aperto un tavolo tecnico con la partecipazione dei rappresentanti del Comune, dei progettisti e del personale Arpa (Direzione tecnica e Servizio territoriale) che ha permesso di giungere alla condivisione dei pareri e delle richieste di chiarimento sulle relazioni presentate dai tecnici. La decisione di istituire questo tavolo tecnico è stata presa in considerazione dell'elevato livello conoscitivo che si ritiene di avere raggiunto nell'area della ex Cip e dell'obiettivo difficoltà nel pervenire a un rapporto di fine bonifica del sito.

Il tavolo tecnico è stato formalmente autorizzato l'11 marzo 2021 con deliberazione della giunta comunale n. 41, con l'obiettivo, di fornire un costante punto di contatto tra enti pubblici e di garantire il necessario approfondimento degli aspetti tecnici e delle valutazioni ambientali relative all'area in oggetto, utili al progetto di bonifica.

Al fine di perseguire la bonifica del sito, l'attività del tavolo tecnico si è concentrata nella concertazione di una serie di analisi di rischio (Adr) da applicare nel sito, utilizzando tutti i dati disponibili (a partire dagli anni '90) e condividendone l'impostazione e il percorso di attuazione. A questo scopo Arpa ha provveduto a realizzare un database relativo alle analisi dei terreni e analisi delle acque riportando la georeferenziazione di ogni singolo punto di analisi e tutti i parametri registrati. Al fine della predisposizione

delle analisi di rischio sul sito, l'intera area ex Cip, in accordo con il tavolo tecnico è stata suddivisa in settori omogenei per tipologia di contaminazione, livello di bonifica, destinazione finale. Nell'ambito delle attività del tavolo tecnico è stato possibile concordare con la ditta incaricata, per ciascun settore che necessita di ADR, i campionamenti, la caratterizzazione e l'impostazione dell'ADR da predisporre.

Le elaborazioni relative a questi settori sono state trasmesse e discusse dal tavolo tecnico e hanno permesso di individuare le configurazioni più probabili da utilizzare per la valutazione sito specifica del rischio sanitario e l'identificazione dei parametri che maggiormente ne influenzano i risultati (tessitura del suolo, permeabilità, frazione di carbonio organico e speciazione degli idrocarburi). A valle di queste considerazioni, il tavolo tecnico, al fine di implementare un'ADR il più possibile attinente allo stato fisico-chimico del sistema oggetto di analisi, ha ritenuto opportuno programmare un'attività di integrazione di caratterizzazione, finalizzata a rilevare dati specifici relativi ai parametri sopra individuati. Il *modus operandi* sperimentato dal tavolo tecnico nella Cip, con la valorizzazione dei dati ambientali sito specifici disponibili, la razionalizzazione dell'implementazione di una ADR e, in ultima analisi, l'ottimizzazione dei tempi di valutazione delle azioni di bonifica intraprese, potrà essere applicato anche a realtà simili quali la ex Carbochimica che, allo stato attuale delle conoscenze, pur avendone tracciato un quadro sufficientemente esaustivo, parrebbe ancora distante nel tempo.

Maria Teresa Berducci

Ispra

FIG. 2
CONTAMINAZIONE
DEL SITO

Area ex Cip, ubicazione delle aree contaminate (in rosso contaminazione da idrocarburi, in giallo contaminazione da Pb e Tel, in viola contaminazione da metalli e Pb).



AMBIENTE E SALUTE, LE SFIDE DEL FUTURO

L'AFFERMAZIONE DEL PARADIGMA DELLA SALUTE PLANETARIA INDIRIZZA VERSO UNA NUOVA VISIONE DI RICERCA TRANSDISCIPLINARE CHE SAPPIA AFFRONTARE PROBLEMI COMPLESSI E MULTIFORMI. OCCORRE ARRIVARE ALLO SVILUPPO DI UN CONCETTO OLISTICO DI SCIENZA AMBIENTALE, ANCHE GRAZIE A UNA FORMAZIONE INTERDISCIPLINARE.

L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile ha definitivamente rivoluzionato la visione antropocentrica del rapporto ambiente e salute. Con il concetto di *One health*, la salute in tutte le cose, viene fissata come priorità "la salute ottimale per le persone, gli animali domestici, la fauna selvatica, le piante e il nostro ambiente". Altri approcci sono stati sviluppati nel corso degli ultimi anni per supportare una visione olistica delle interazioni fra ambiente e salute, fino ad arrivare al concetto di *Planetary health*, salute planetaria, riferita alla salute della popolazione umana e lo stato dei sistemi naturali da cui dipende. Più ampiamente, *Planetary health* rappresenta un livello ottimale di salute, benessere e standard di equità raggiunto attraverso lo sviluppo di sistemi politici, economici e sociali nella società umana che definisce "il futuro dell'umanità e dei sistemi naturali della Terra che stabiliscono i limiti ambientali sicuri entro i quali l'umanità può prosperare". Sebbene molti considerino la *Planetary health* un ritorno alla visione antropocentrica, questo approccio olistico offre, in realtà, una visione sistemica dell'interazione uomo-ambiente.

L'interconnessione fra tutti i "limiti ambientali sicuri" considerati in *Planetary health* invita ad affermare l'assoluta necessità di una ricerca transdisciplinare, un tipo di ricerca che implica la collaborazione e l'integrazione di molte discipline e settori per affrontare problemi complessi e multiformi.

Un esempio di ricerca transdisciplinare in *Planetary health* è lo studio delle connessioni tra degrado ambientale, esaurimento delle risorse e salute umana. Si tratta di una ricerca che coinvolge la scienza ambientale, la biologia e la sanità pubblica per comprendere come il degrado ambientale e l'esaurimento delle risorse possano influenzare la salute umana e stimolare lo sviluppo di strategie per affrontare questi problemi. Gli ultimi anni hanno visto un fiorire di studi e ricerche e di ottime pubblicazioni scientifiche in questo campo. Tuttavia, sebbene l'attenzione della comunità scientifica sia particolarmente alta e la discussione particolarmente vivace, l'esistenza di pochi casi-studio e le lacune conoscitive nell'applicazione pratica su vasta scala sottolineano come

sia necessario ripensare agli approcci di integrazione fra le diverse discipline. Un esempio è rappresentato dal binomio tossicità acquatica e tossicità dell'uomo. Una delle priorità di *Planetary health* è la salvaguardia della biodiversità, a fronte di un'elevata percentuale di specie estinte o a rischio di estinzione in particolare nel mondo acquatico. Le motivazioni del superamento di questo limite planetario sono diverse, dall'inquinamento e contaminazione delle acque, al cambiamento climatico, all'acidificazione degli oceani.

L'ecotossicologia è la disciplina scientifica preposta all'identificazione degli effetti di sostanze tossiche e inquinanti sugli ecosistemi, compreso il loro impatto su organismi viventi, comunità e sull'ambiente nel suo complesso. Questa stessa definizione sottolinea come l'ecotossicologia sia un campo scientifico multidisciplinare che comporta la valutazione dell'esposizione, degli effetti e dei rischi associati a vari contaminanti, inquinanti e altri fattori di stress, in ambienti naturali e artificiali. L'ecotossicologia è una scienza relativamente recente rispetto alla

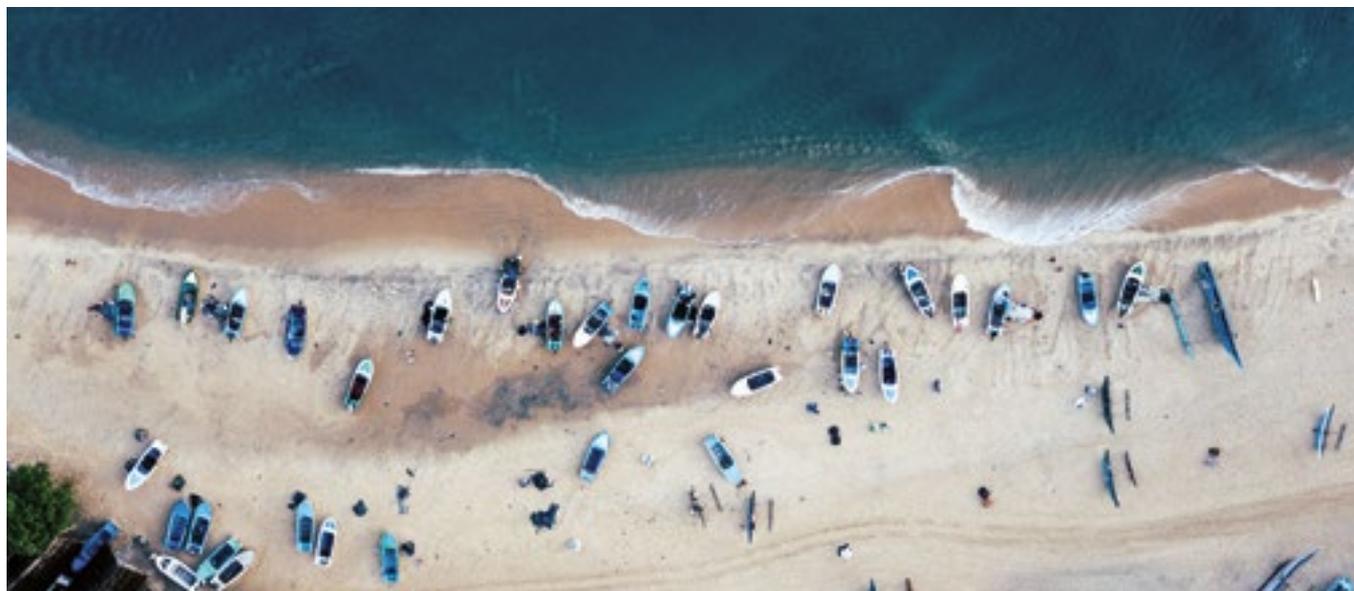


FOTO: ETIENNE BOULANGER - UNSPLASH

tossicologia umana ed è rimasta per molto tempo confinata a studi ecologici, in particolare per in ambiente acquatico. Sebbene nell'ultimo decennio abbia acquisito sempre maggiore importanza per l'applicazione nel campo della tossicologia regolatoria e per l'identificazione degli inquinanti acquatici, stenta ancora ad affermarsi come un pilastro fondamentale non solo per la valutazione dell'impatto ambientale e degli effetti sugli ecosistemi, ma per le sue potenzialità nell'informare sui rischi per la salute umana, integrata con la ecofisiologia. Un passo avanti è stato fatto recentemente con la proposta di utilizzare, in campo regolatorio, i test convalidati di tossicità acquatica per la predizione della nefrotossicità umana, o per l'identificazione della risposta immunitaria, scelta che va nella direzione di sostituire gradualmente i test di tossicità in vivo sui mammiferi. Resta, comunque, la necessità di sviluppare modelli di valutazione di rischio che integrino i dati di tossicologia umana con i dati di ecotossicologia e che consentano di utilizzare gli eventi chiave delle fasi precoci di risposta agli stress ambientali come marcatori univoci legati a specifici effetti avversi e con elevato grado di predittività. Diventa quindi fondamentale conoscere gli eventi chiave e quindi i meccanismi con cui gli effetti avversi sono indotti. Su queste basi diventa possibile, ma assolutamente necessario, sviluppare nuovi test che utilizzino *endpoint* di effetto trasferibili a più specie e all'uomo, e che possano intraprendere con più celerità e facilità il percorso di convalidazione internazionale.

È evidente che per raccogliere queste sfide conoscitive sia essenziale sviluppare anche percorsi formativi interdisciplinari che preparino nuove generazioni di professionisti che sposino, nel campo delle conoscenze, lo stesso approccio di pensiero sistemico che caratterizza gli approcci olistici allo studio di ambiente e salute, con la necessità, quindi, di percorsi universitari e post universitari innovativi che possano colmare il divario fra la scienza ambientale e la salute dell'uomo, e arrivare, anche qui, allo sviluppo di un concetto olistico di scienza ambientale, che consideri l'uomo come parte dell'ambiente, che condivide con l'intero ecosistema il destino del pianeta Terra.

Annamaria Colacci¹, Elena Fabbri²

1. Arpa e Università degli studi di Bologna
2. Università degli studi di Bologna



FOTO: DREW HAYS - UNSPLASH

IL MASTER DELL'UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Master in Ambiente e salute

A.A. 2021-2022 (marzo 2022 - luglio 2023)

Direttore: Marco Domenicali, Dipartimento Medicina e chirurgia, Università di Bologna

Coordinatrice didattica: Manuela Fantinelli, Fondazione Flaminia, Ravenna

Consiglio scientifico:

Elena Fabbri, Università di Bologna

Fabio Fava, Università di Bologna

Giuseppe Bortone, Arpa

Annamaria Colacci, Arpa e Università di Bologna

Piano didattico

Salute e ambiente: quadro di riferimento, legislazione, metodi e strategie

Docente titolare e coordinatore del modulo: Leonardo Zanetti, Università di Bologna

Salute e ambiente: scienza dell'esposizione e valutazione del rischio

Docente titolare e coordinatore del modulo: Andrea Ranzi, Arpa e Università di Bologna

Inquinamento ambientale

Docente titolare e coordinatore del modulo: Fabio Fava, Università di Bologna

Patologia ambientale

Docente titolare e coordinatore del modulo: Marco Domenicali, Università di Bologna

Tossicologia ambientale

Docente titolare e coordinatrice del modulo: Annamaria Colacci, Università di Bologna

Epidemiologia ambientale

Docente titolare e coordinatrice del modulo: Elisabetta Poluzzi, Università di Bologna

Valutazione di impatto ambientale e sanitario, statistica medica

Docente titolare e coordinatore del modulo: Marco Domenicali, Università di Bologna

Comunicazione del rischio

Docente titolare e coordinatrice del modulo: Paola Angelini, Regione Emilia-Romagna