

Inquinamento da sostanze chimiche: dimensioni del problema e conseguenze sulla salute umana

Vitalia Murgia

JAN-ANTONIN-KOLAR-UNSPLASH

I prodotti chimici fanno parte della nostra vita quotidiana; se non vi è dubbio che alcune innovazioni nel campo della chimica, soprattutto farmaceutica, abbiano contribuito a migliorare la nostra salute, la sicurezza alimentare e molto altro, tuttavia, è anche vero che le sostanze chimiche sono una medaglia a due facce.

Come ha affermato Margot Wallström (ex vicepresidente della Commissione europea e tra i fautori della normativa Europea REACH, che mira a rendere più sicuro l'uso delle sostanze chimiche), "le sostanze chimiche sono sia una benedizione che una maledizione". Benché la nostra esistenza ne tragga benefici, dobbiamo anche assicurarci di trattarle con attenzione, in modo da ridurre al minimo ogni impatto nocivo derivante dall'esposizione a tali sostanze¹. Se usati e gestiti male i prodotti chimici pericolosi, e i rifiuti che ne derivano, minacciano la salute umana e l'ambiente. Grandi quantità di sostanze chimiche pericolose e inquinanti continuano ad essere disperse nell'ambiente, contaminando le catene alimentari,

accumulandosi nei nostri corpi e nel biota dove provocano gravi danni. Le avvisaglie dei fenomeni negativi dovuti all'uso indiscriminato delle sostanze chimiche di sintesi a carico degli ecosistemi erano già evidenti nel 1962 quando Rachel Carson pubblicò il libro *Silent Spring*. Nel testo l'autrice denunciava la distruzione della fauna selvatica per l'uso diffuso di pesticidi e sostanze chimiche. Questo libro è riconosciuto ora come uno dei più influenti del ventesimo secolo, ma non è riuscito ad evitare settanta anni di pesante immissione nell'ambiente di sostanze chimiche tossiche².

Le sostanze chimiche o i gruppi di sostanze chimiche su cui maggiormente si concentra l'attenzione in ambito di ricerca scientifica e in campo politico/regolatorio includono quelle potenzialmente cancerogene; mutagene; pericolose per la riproduzione; bioaccumulative, persistenti e tossiche; quelle con interferenza endocrina, e quelle neurotossiche.

Se si riuscisse a ridurre al minimo i rischi posti dalle sostanze chimiche peri-

colose si ridurrebbe anche la loro pressione diretta sulla biodiversità. Il ruolo critico dell'inquinamento da sostanze chimiche è stato riconosciuto nel Piano strategico per la biodiversità 2011-2020 (UNEP 2010), e trasferito nell'ambito della Convenzione sulla diversità biologica, e rientra anche nei post-2020 *global biodiversity targets*.

I composti chimici di sintesi sono onnipresenti nell'ambiente e negli esseri umani, si ritrovano nel biota acquatico, nelle piante e negli animali selvatici, oltre che negli alimenti. Stanno accumulandosi nelle scorte di materiali e nei prodotti e si è certi che causano danni alla salute umana. Ciò evidenzia la necessità di intervenire per evitare eredità pericolose alle future generazioni adottando percorsi di gestione sostenibile dei materiali e modelli di economia circolare.

Contributo della chimica all'economia globale

L'industria chimica è il quinto settore manifatturiero globale, e ha contribuito nel 2017 con 1,1 trilioni di dollari al

Prodotto Interno Lordo (PIL) mondiale, impiegando globalmente 15 milioni di persone³. Ogni posto di lavoro nell'industria chimica genera in diverse aree geografiche 8-11 altri posti di lavoro in settori economici differenti⁴. Tra il 2000 e il 2017 la capacità produttiva dell'industria chimica mondiale è quasi raddoppiata, passando da circa 1,2 a 2,3 miliardi di tonnellate di sostanze prodotte. Includendo anche la produzione farmaceutica, le vendite globali hanno raggiunto nel 2017 i 5,68 trilioni di dollari statunitensi, rendendo l'industria chimica la seconda più grande industria manifatturiera al mondo. Si prevede inoltre, che le vendite di composti chimici quasi raddoppieranno dal 2017 al 2030. Le vendite, il volume di produzione e la capacità produttiva dell'industria chimica sono cresciuti nelle economie emergenti e si prevede che continueranno a crescere rapidamente, soprattutto in Cina⁵. L'industria chimica trasforma grandi quantità di risorse in prodotti chimici, inclusi petrolio e gas naturale utilizzati come materie prime primarie. La produzione e il consumo di prodotti chimici si è diffuso in tutto il mondo, con una quota crescente ora localizzata nei paesi a basso e medio reddito, molti dei quali possono avere una capacità normativa limitata. Anche il commercio transfrontaliero di prodotti chimici e derivati è in aumento e quantità crescenti di questi vengono spedite attraverso catene di approvvigionamento globali lunghe e complesse da monitorare. La produzione dell'UE-27 di sostanze chimiche pericolose per la salute è stata di 209 milioni di tonnellate nel 2019, di cui 33 milioni di tonnellate di sostanze cancerogene, mutagene e tossiche per la riproduzione (Carcinogenic, mutagenic and reprotoxic- CMR). A queste si som-

mano altri 95 milioni di tonnellate di sostanze tossiche per l'ambiente⁶. Sempre nell'UE sono state vendute 360.000 tonnellate di pesticidi⁷, e prodotte 58 milioni di tonnellate di plastica, con un riciclo di soli 9,4 milioni di tonnellate⁸. A tutto ciò si deve sommare globalmente anche il carico dovuto alle emissioni e ai rifiuti in fase produttiva. Nella produzione di farmaci, ad esempio, vengono generati da 25 a oltre 100 kg di emissioni e rifiuti per ogni kg di prodotto⁹. La preoccupazione maggiore sta nel grande potenziale di accumulo e persistenza nell'ambiente di molte sostanze chimiche.

Sostanze chimiche industriali in commercio

C'è una profonda incertezza sul numero reale di sostanze chimiche in commercio. Un rapporto sviluppato congiuntamente dall'*United Nations Environment Programme* (UNEP) e dall'*International Council of Chemical Associations* (ICCA), che cercava di fare chiarezza su questo aspetto, riporta una stima di 40.000-60.000 prodotti chimici industriali in commercio in tutto il mondo; circa 6.000 di questi rappresenterebbero oltre il 99 per cento del volume totale di prodotti chimici in commercio a livello globale¹⁰.

Le sostanze chimiche esistenti sarebbero molte di più di quelle effettivamente commercializzate; infatti, nell'inventario CLP (Classification, Labelling and Packaging) dell'UE nel 2017, erano registrate 140.000 sostanze chimiche e in quello dell'*Environmental Protection Agency* (EPA) USA sono riportati circa 85.000 prodotti chimici in vendita negli Stati Uniti. Tra i vari fattori che contribuiscono all'incertezza nelle stime del numero reale di sostanze chimiche esi-

stenti, c'è anche il fatto che molti paesi non possiedono un inventario chimico. Un'ulteriore dimensione dell'inquinamento chimico da considerare è l'arcipelago globale di hot-spot contaminati: città e comunità, case e cortili scolastici inquinati da sostanze chimiche tossiche, radionuclidi e metalli pesanti rilasciati nell'aria, nell'acqua e nel suolo da fabbriche attive e abbandonate, fonderie, miniere e siti di rifiuti pericolosi.

Le informazioni sui rischi derivanti dall'uso delle varie sostanze chimiche nei database internazionali

Delle molte migliaia di sostanze chimiche riversate nell'ambiente, la maggior parte non è stata testata adeguatamente dal punto di vista della sicurezza e, tra quelle studiate, relativamente poche sono state confermate come sicure per il bambino e il feto¹¹.

L'Unione Europea tramite il REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*)¹² valuta dal 2007 le sostanze chimiche per identificarne il possibile rischio per la salute dell'uomo e dell'ambiente.

Dopo otto anni di attuazione di REACH, la European Chemical Agency (ECHA) ha osservato che "una percentuale significativa dei fascicoli di registrazione non è ancora di qualità sufficiente"¹³. Nel 2017, il 69% dei fascicoli ricevuti dall'ECHA non disponeva di informazioni complete sui pericoli. Delle circa 4.500 sostanze chimiche considerate prioritarie dall'ECHA, circa 3.000 sono all'interno di una "zona grigia" e non hanno informazioni sufficienti per decidere sui rischi che comportano.

L'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) stima che tra 20.000 e 100.000 sostanze

chimiche esistenti con approvazioni o notifiche storiche non abbiano ricevuto una valutazione o una rivalutazione del rischio sufficiente.

Alcuni dei principali punti deboli dei dossier sulle sostanze chimiche sono: mancanza di chiarezza sull'identità delle sostanze complesse; assenza di informazioni sufficientemente dettagliate sugli usi e sulla potenziale esposizione delle persone alle sostanze; carenza di solide misure di gestione del rischio (o mitigazione) per ogni uso. Per l'uso sicuro delle sostanze chimiche da parte di tutti gli attori della catena di approvvigionamento e per la distinzione tra le sostanze che possono essere utilizzate in sicurezza e quelle che non possono esserlo è di fondamentale importanza avere dati di buona qualità. Senza questi l'Agenzia e gli Stati membri non sono in grado di definire quali siano le sostanze più pericolose cui dedicare un controllo normativo prioritario.

Contaminanti di maggiore preoccupazione

Tra i principali contaminanti tossici si trovano: alcuni metalli, come piombo e mercurio; i cosiddetti inquinanti organici persistenti (POPs) come policlorodibenzo-pdiossine (PCDD); i policlorobifenili (PCB), le sostanze perfluoroalchiliche (es. PFOS e PFOA); alcuni pesticidi (erbicidi, insetticidi, fungicidi e rodenticidi). I POPs sono soggetti a un trattato globale, la Convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti, di cui l'UE è firmataria. Altre sostanze che meritano particolare attenzione sono solventi e composti organici volatili (COV); idrocarburi policiclici aromatici, gli inquinanti atmosferici chimici e il particolato. Alcune sostanze sono preoccupanti perché particolarmente

presenti nell'aria interna (abitazioni, scuole, uffici) in cui si soggiorna per oltre l'80% del tempo, tra questi: benzene, formaldeide, naftalene, biossido di azoto, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), tricloroetilene e tetracloroetilene. Tra i contaminanti di "preoccupazione emergente" dell'acqua si trovano: le sostanze perfluoroalchiliche (PFAS); le nanoplastiche; i farmaci; le sostanze plastificanti (ftalati e bisfenolo A); l'acrilamide e i parabeni.

Alcune sostanze chimiche vengono classificate come "neurotossici dello sviluppo", sono cioè potenzialmente dannose per il cervello in via di sviluppo, in totale sarebbero 312, classificate sulla base di evidenze da studi in vivo o in vitro di effetti negativi sul cervello o sul sistema tiroideo. Esse rientrano in diverse categorie tra cui: pesticidi, sostanze chimiche industriali, contaminanti alimentari. Queste sostanze chimiche sono soggette a comparti regolatori diversi, cosa che complica la limitazione del loro utilizzo¹⁴. Secondo il programma dell'*Environmental Protection Agency* (EPA, USA) "*Building a Database of Developmental Neurotoxicants: Evidence from Human and Animal Studies*" per lo screening e la definizione del livello di neurotossicità dello sviluppo (developmental neurotoxicity, DNT) di differenti sostanze chimiche, sono circa 100 le sostanze con prove sostanziali a sostegno della loro neurotossicità, provenienti da più di un laboratorio di ricerca.

Il progetto DENAMIC (*Developmental neurotoxicity assessment of blends in children*), finanziato dall'UE, ha studiato gli effetti neurotossici di miscele a bassa concentrazione di biocidi (pesticidi, fungicidi, erbicidi) e una serie di inquinanti ambientali comuni nei bambini e in studi sperimentali. L'obiettivo era

caratterizzare una serie di singole sostanze chimiche o miscele e inquinanti per il loro effetto neurotossico. Studi in vivo sui roditori hanno rivelato che l'esposizione nei primi anni di vita porta a effetti persistenti sul comportamento, sulla cognizione e sull'attività motoria. I ricercatori hanno anche valutato i tempi di esposizione, le finestre critiche durante lo sviluppo neuronale e le conseguenze sulla suscettibilità. Sono stati anche chiariti i percorsi

molecolari responsabili di alcuni dei comportamenti osservati e degli effetti cognitivi. È stato confermato, inoltre, che l'esposizione a una combinazione di sostanze chimiche, ciascuna entro i valori limite ritenuti non tossici, può causare tossicità per lo sviluppo neurologico.

Il rischio è elevato per le sostanze chimiche che interferiscono con il sistema endocrino (come il bisfenolo A, presente nella plastica) perché queste sostanze chimiche interferiscono con il sistema ormonale umano e causano effetti sullo sviluppo, sulla riproduzione, sul sistema immunitario e altri effetti sulla salute. In Europa si stima che ogni anno nascano quasi 1,9 milioni di bambini con livelli di mercurio superiori ai valori raccomandati, con effetti permanenti sull'apprendimento e sullo sviluppo del cervello.

Uno studio danese ha esaminato il rischio per i bambini piccoli degli effetti combinati di diverse sostanze chimiche presenti nei prodotti di consumo, nell'aria/polvere interna e negli alimenti e che agiscono come interferenti endocrini. Lo studio ha rilevato che le concentrazioni combinate di diverse sostanze interferenti endocrine provenienti da una serie di fonti diverse erano significative e rappresentavano un rischio per i bam-

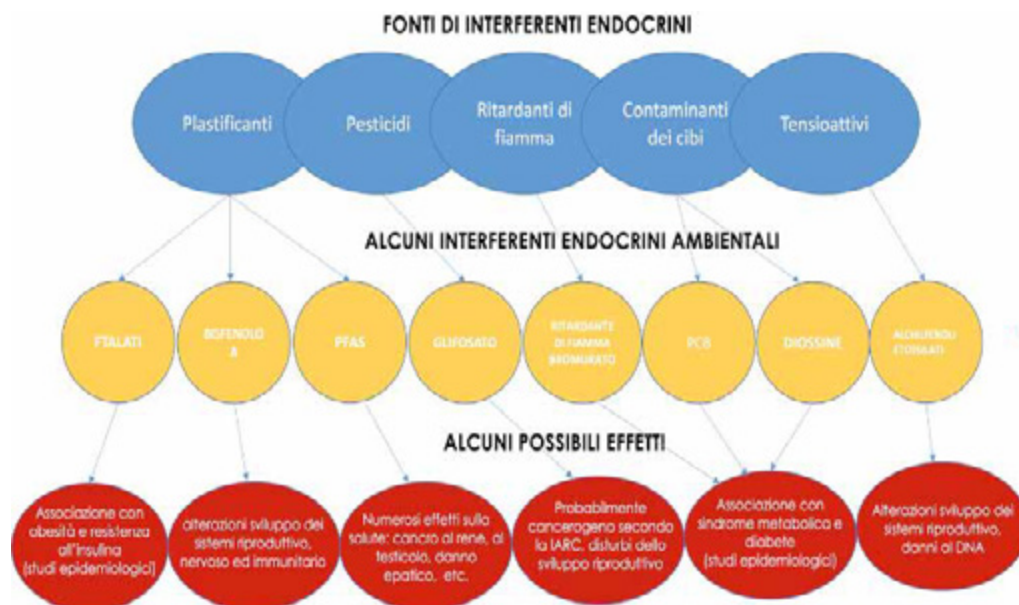


Figura 1 - Possibili fonti di Interferenti Endocrini ambientali e alcuni loro effetti sul metabolismo e sulla salute. PFAS = sostanze per-poli fluoroalchiliche; PCB = policlorobifenili (Dioxin-like e Non dioxin-like).

Da Kumar M, et al. Environmental Endocrine-Disrupting Chemical Exposure: Role in Non-Communicable Diseases. Front Public Health. 2020 Sep 24;8:553850. Modificata

bin, raccomandando di ridurre l'esposizione a queste miscele chimiche. La figura 1 illustra alcune classi di sostanze chimiche possibili fonti ambientali di composti Interferenti endocrini e i problemi di salute da loro causati, certi o con evidenze in via di definizione.

L'aggiornamento (del 12 novembre 2021) della pagina web dell'International Agency Research on Cancer (IARC) sulle *Monographs on the identification of carcinogenic hazards to humans* riporta 121 sostanze chimiche nel Gruppo 1, quello che comprende le sostanze sicuramente cancerogene per l'uomo; altre 90 nel gruppo 2° dei probabili cancerogeni per l'uomo, e ulteriori 323 nel gruppo 2B dei probabili cancerogeni per l'uomo.

Sostanze chimiche industriali, compresi noti agenti cancerogeni e loro residui, sono state rilevate nel sangue e nei tessuti di tutte le popolazioni, compresi i nati e i bambini e nel latte materno

Inquinamento chimico ed effetti generali sulla salute umana

L'European Environment Agency (EEA) sostiene che "Il consumo di sostanze chimiche crea benefici per la società; tuttavia, l'esposizione a sostanze chimiche pericolose emesse lungo il ciclo di vita chimico (cioè produzione, uso e smaltimento / incenerimento / riciclaggio) può generare rischi significativi per la salute e gli ecosistemi.

Il rischio di malattia è il risultato della combinazione della tossicità di ciascuna sostanza chimica, della intensità e del tempo dell'esposizione e della suscettibilità individuale. Il rischio può derivare anche da esposizioni combinate a singole sostanze chimiche provenienti da varie fonti con vari livelli di tossicità. Le persone possono essere esposte a miscele di sostanze chimiche tossiche simultaneamente e/o in sequenza attraverso più vie di esposizione: orale, inalatoria,

cutanea, nella vita di tutti i giorni e in quella professionale. L'esposizione a sostanze chimiche tossiche come pesticidi, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorobifenili (PCB) e acidi perfluorooctanoici (PFOA) è una minaccia per la salute pubblica globale ed è collegata a varie malattie.

Le sostanze chimiche persistenti possono accumularsi nei tessuti umani, causando effetti negativi sulla salute dopo un'esposizione a lungo termine.

L'OMS stima che il numero totale di morti dovuto all'effetto diretto delle sostanze chimiche note e sconosciute presenti nell'ambiente sia di circa 1.900.000 all'anno, e che sempre per l'inquinamento chimico vengano persi 47.235.972 Disability-Adjusted Life Years (DALYs), ovvero la somma degli anni persi per disabilità (YLD) e degli anni di vita persi per mortalità prematura¹⁵.

Sostanze chimiche come metalli pesan-

ti, pesticidi, solventi, vernici, detersivi, cherosene e farmaci provocano avvelenamenti involontari in casa e sul posto di lavoro. Si stima che gli avvelenamenti non intenzionali causino 193.000 decessi all'anno, la maggior parte dei quali a causa di esposizioni chimiche prevenibili.

Come abbiamo visto sopra, l'elenco delle sostanze chimiche classificate come cancerogene per l'uomo con prove sufficienti o limitate è lungo. Si stima che gli agenti cancerogeni professionali causino tra il 2% e l'8% di tutti i tumori, che il 14% dei tumori polmonari sia attribuibile a inquinamento atmosferico ambientale, il 17% all'inquinamento atmosferico domestico, il 2% al fumo passivo e il 7% agli agenti cancerogeni professionali.

L'esposizione a determinate sostanze chimiche, come il piombo, è associata a un ridotto sviluppo neurologico nei bambini e aumenta il rischio di disturbi da deficit di attenzione e disabilità intellettiva. La malattia di Parkinson è stata associata all'esposizione ai pesticidi. Tra le sostanze che rappresentano un pericolo ambientale riconosciuto dalla U.S. (U.S.EPA) ci sono: formaldeide, mercurio, piombo, amianto, inquinanti atmosferici pericolosi/tossici, sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS), prodotti chimici antiparassitari, glifosato, policlorobifenili (PCB). In Italia, il Veneto è interessato dal più grande sversamento industriale di PFAS d'Europa, sostanze ritenute pericolosamente tossiche anche dall'EEA. La contaminazione è diffusa nelle falde acquifere sotterranee, nelle acque superficiali e in quelle potabili; interessa anche i terreni, le colture (vegetali), alcuni prodotti animali, le uova e altri cibi.

Il bioaccumulo delle PFAS raggiunge

livelli elevatissimi nelle popolazioni venete residenti nelle aree di contaminazione più elevata. Inoltre, sempre in quell'area, sono stati osservati livelli di mortalità più elevati per alcune cause di morte, possibilmente associati all'esposizione a PFAS, nei comuni contaminati rispetto a quelli non contaminati con status socioeconomico e abitudini al fumo simili¹⁶.

Gli effetti dell'esposizione umana a PFAS includono cancro ai reni, cancro ai testicoli, malattie della tiroide, danni al fegato e una serie di effetti sullo sviluppo che colpiscono i feti.

Alcune delle nostre recenti conoscenze sui rischi per la salute derivanti da esposizioni croniche di basso livello a sospetti inquinanti chimici specifici si basano su studi epidemiologici. Un classico esempio è fornito dalle indagini sui lavoratori dell'industria della plastica esposti agli effluenti di cloruro di vinile. In diversi paesi è stato segnalato un aumento significativo dell'incidenza di cancro specifico al fegato, angiosarcoma, nei lavoratori esposti e questi studi hanno confermato le proprietà cancerogene del cloruro di vinile. Studi epidemiologici e sperimentali su alcuni agenti terapeutici, come il dietilsilbestrolo utilizzato per il trattamento del cancro della cervice uterina, hanno rivelato effetti collaterali cancerogeni e mutageni nei pazienti trattati e in alcuni casi anche nella loro progenie. Con gli attuali stili di vita è quasi impossibile evitare l'esposizione agli inquinanti chimici, anche per le persone che cercano di condurre una vita sana; in proposito si veda la Figura 2.

Anche gli animali risentono, a volte pesantemente, dell'inquinamento chimico. Gli eventi di mortalità su larga scala della fauna selvatica (es. morie di pesci)

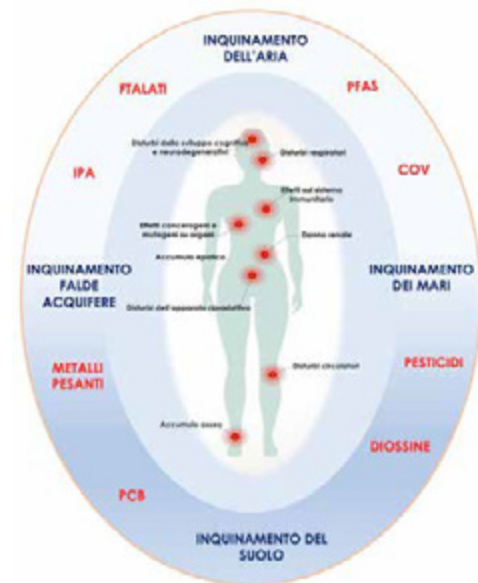


Figura 2 - Gli esseri umani sono esposti agli inquinanti chimici per tutta la vita attraverso diversi percorsi. Questi includono: l'uso diretto di sostanze chimiche in modi non sicuri noti o sconosciuti (ad esempio prodotti chimici sul posto di lavoro, additivi e conservanti alimentari), vivere in un ambiente inquinato da fonti puntuali o in un'area colpita da inquinanti diffusi (ad esempio vicino a vecchi siti industriali o nelle grandi città) e il consumo di acqua e alimenti provenienti da ambienti contaminati. PFAS = sostanze per- e polifluoroalchiliche, PCB = policlorobifenili, IPA = idrocarburi policiclici aromatici, PCB = policlorobifenili, COV = Composti Organici Volatili.

Da Naidu et al. Chemical pollution: A growing peril and potential catastrophic risk to humanity. Modificata

rappresentano un ovvio segno di rilasci chimici acuti; ma i contaminanti chimici possono provocare impatti ecologici più sottili comunque importanti e dannosi, come ad esempio la quasi estinzione degli avvoltoi in alcuni paesi asiatici da intossicazione da diclofenac assunto mangiando carcasse di animali trattate con l'antinfiammatorio o la femminilizzazione dei pesci da estrogeni nelle acque dei fiumi.

I danni da contaminazione chimica dell'ambiente non si limitano alle esposizioni acute e ai problemi che si manifestano a breve termine. Gli effetti delle

esposizioni croniche a lungo termine e di basso livello possono essere ugualmente deleteri, e purtroppo sono molto meno facili da correlare con le sostanze chimiche che li provocano.

Chimica e cambiamento climatico

I rapporti tra contaminazione chimica e cambiamento climatico sono più stretti di quanto in genere venga evidenziato, infatti, con il cambiamento climatico molte specie stanno sperimentando più rapidi e simultanei cambiamenti ambientali. L'esposizione agli inquinanti chimici potrebbe ostacolare la capacità di un organismo di acclimatarsi alle modificazioni che subisce l'ambiente in cui vive ad opera di eventi climatici stravolgenti (es. siccità, inondazioni, innalzamento dei livelli del mare, distruzione di ecosistemi). Per esempio, la capacità di specie e popolazioni di tollerare temperature elevate può essere compromessa da co esposizioni tossiche.

Le alterazioni dei parametri del cambiamento climatico, principalmente quelle che sta subendo la temperatura, aggirerebbero come co-stressor con le sostanze tossiche chimiche, influenzando così i processi fisiologici e la capacità dell'uomo o della fauna selvatica di mantenere l'omeostasi. Tra clima e chimica l'influenza potrebbe essere reciproca: il cambiamento climatico potrebbe facilitare la diffusione di sostanze chimiche (esempio inondazioni di discariche di rifiuti) e perturbare la risposta di un organismo all'esposizione chimica, a loro volta le esposizioni chimiche potrebbero perturbare le risposte adattative delle specie al cambiamento climatico. Possono influenzare il modo in cui le specie rispondono a queste interazioni clima-chimiche: caratteristiche genetiche e costituzionali indivi-

duali, differenze genetiche tra le popolazioni, altri fattori di stress ambientale che possono o meno essere direttamente collegati ai cambiamenti climatici¹⁷.

I collegamenti di correzione tra clima e ambiente vanno dalla riduzione delle emissioni di gas serra da parte dell'industria chimica, alla potenzialità della chimica di sviluppare soluzioni di adattamento e mitigazione, alla limitazione della ri-mobilizzazione delle sostanze chimiche da discariche di rifiuti urbani ed industriali.

L'industria chimica e i settori a valle hanno quindi un ruolo importante da svolgere nel raggiungimento degli obiettivi posti da COP 26.

I costi sociali dell'inquinamento chimico

Nel valutare il peso dell'inquinamento chimico sull'ambiente non si può non accennare anche solo brevemente agli oneri sociali ed economici che esso determina.

Il danno complessivo comprende non solo i problemi sanitari, la sofferenza per morte e disabilità, i giorni di vita attiva persa, ma anche i conseguenti oneri economici per le cure e il supporto sociale, e la mancata produzione di reddito per le famiglie. Di non poca rilevanza sono i costi legati alle procedure di risanamento delle aree inquinate e di risanamento degli ecosistemi alterati.

Un comitato di scienziati ha stimato che i costi sanitari nella EU derivanti dall'esposizione agli interferenti endocrini siano in media di 157 miliardi di euro all'anno che corrispondono ad almeno l'1,23% del PIL del continente¹⁸.

Anche mantenendo le stime a un basso livello, ne risulterebbe un impatto socioeconomico notevole e un onere finanziario per l'UE e per le sue gene-

razioni future potenzialmente elevato. Dominerebbe la stima dei costi, il contributo della perdita di quoziente intellettivo (QI) con 32-184 miliardi di euro. È stato dimostrato, infatti, che quasi tutti i neonati potrebbero perdere alcuni punti di QI a causa dell'esposizione (principalmente) prenatale agli interferenti endocrini. Questa stima interessa solo la perdita indiretta, cioè la perdita di reddito dovuta a un QI inferiore, e quindi non rappresenta le spese effettive sanitarie e sociali come quelle per farmaci e trattamenti. Si stima che sia relativamente elevato anche il costo per altri effetti sullo sviluppo neurologico e comportamentale. I costi comprendono in gran parte quelli sanitari diretti, forniti da istituti specializzati e dall'assistenza residenziale. Anche il gruppo delle malattie metaboliche causa un costo stimato relativamente elevato, con 1,6-17 miliardi di euro per l'obesità e 1,4-17 miliardi di euro per il diabete di tipo 2¹⁹. Un altro gruppo di esperti stima che ci sia una esposizione probabile dal 40% al 69% agli ftalati nelle donne anziane e che ciò che causerebbe 53.900 casi di obesità con 15,6 miliardi di euro di costi correlati e 20.500 casi di nuova insorgenza di diabete con 607 milioni di euro di costi associati. L'esposizione prenatale al bisfenolo A (probabilità dal 20% al 69%) si stima possa causare 42.400 casi di obesità infantile, con costi associati nel corso della vita di 1,54 miliardi di euro²⁰.

Anche i costi per la società derivanti dall'esposizione a PFAS sono elevati. Un recente studio del Nordic Council of Ministers ha stimato che per tutta Europa, i costi annuali relativi alla salute sono 52-84 miliardi di euro. Lo studio fa osservare che questi costi sono probabilmente molto sottostimati, poiché nel-

le stime è stata inclusa solo una gamma limitata di effetti sulla salute (colesterolo elevato, diminuzione del sistema immunitario e cancro) e legati all'esposizione a pochi PFAS specifici. Inoltre, l'inquinamento da PFAS influisce anche sugli ecosistemi e genera costi per la necessità di bonifica del suolo e dell'acqua inquinati. Tali costi sono attualmente difficili da valutare poiché le informazioni sul numero e il grado di contaminazione dei siti contaminati da PFAS in Europa e sull'impatto dei PFAS sugli ecosistemi sono carenti²¹.

Una cattiva gestione delle sostanze chimiche, dei rifiuti e delle aree contaminate, comporta costi sanitari e sociali, danni agli ecosistemi, perdite di produttività, costi per il risanamento e per i contenziosi e danni alla reputazione delle imprese e delle istituzioni. Al contrario, sia gli interventi normativi, sia le azioni messe in atto volontariamente dalle industrie produttrici per limitare l'inquinamento, possono fornire benefici socioeconomici sotto forma di danni ridotti o evitati sia alla salute umana sia all'ambiente. Una stima prudenziale del 2017 evidenzia che i benefici cumulativi della legislazione sulle sostanze chimiche nell'UE siano "nell'ordine delle decine di miliardi di euro all'anno"²⁵.

Conclusioni: verso una chimica più sostenibile

Complessivamente più di nove milioni di esseri umani muoiono prematuramente ogni anno – un decesso su sei – a causa della contaminazione di aria, acqua, cibo, case, luoghi di lavoro o beni di consumo. Un certo numero di obiettivi dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile (adottata da tutti gli Stati membri delle Nazioni Unite nel 2015) è direttamente o indirettamente rilevan-

te per una corretta e più sana gestione delle sostanze chimiche e dei rifiuti. Alcuni degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals, SDGs) prevedono anche specifici obiettivi di sviluppo legati alla gestione delle sostanze chimiche; l'obiettivo di riferimento è SDG 12 "Garantire modelli di produzione e consumo sostenibili" ed altri obiettivi (12.4, 3.9 e 6.3) contengono riferimenti diretti alle sostanze chimiche.

Per esempio, SDG 3 su Buona salute e Benessere, nell'obiettivo 3.9 prevede di ridurre sostanzialmente il numero di decessi e malattie da sostanze chimiche pericolose e aria, inquinamento dell'acqua e del suolo e contaminazione entro il 2030. Aziende, Istituzioni, Organizzazioni e Individui, ciascuno per il proprio ambito, devono svolgere un ruolo fondamentale attraverso scelte di tecniche produttive, di smaltimento, regolatorie, di consumo, con azioni che impattano in maniera diretta o indiretta sulla produzione e sulla sostenibilità delle sostanze chimiche. È sempre più riconosciuto che la progettazione e l'uso di prodotti chimici più sicuri e processi di produzione sostenibili sono essenziali per ridurre i rilasci durante i cicli di vita dei prodotti chimici e dei prodotti che li contengono, anche durante le fasi di riutilizzo, riciclaggio e smaltimento. Soluzioni innovative contribuiscono a garantire che le materie prime secondarie re-incanalate in un'economia circolare non siano contaminate da sostanze chimiche pericolose indesiderate.

C'è consapevolezza che un passaggio globale verso un consumo e una produzione sostenibili richiede l'impegno di diversi attori in tutto il mondo. La Conferenza internazionale sulla gestione delle sostanze chimiche (ICCM)

nel 2006, ha adottato nella sua prima sessione l'approccio strategico partecipativo e multisettoriale alla gestione internazionale delle sostanze chimiche (SAICM). In Italia, il Gruppo Mind For One Health (M4OH) formato da docenti, ricercatori ed esperti afferenti a diverse discipline accomunate dalle finalità di protezione sia degli ecosistemi e dell'ambiente in cui si vive sia della salute umana e degli organismi viventi, nell'ambito di una serie di proposte per il PNRR ha definito anche le principali azioni necessarie per ridurre l'impatto ambientale delle sostanze chimiche (vedi box 1). Un documento della Comunità Europea Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment dell'ottobre 2020 presenta numerosi spunti di riflessione e enuncia molti buoni propositi che ci auguriamo vengano raccolti dai paesi membri e incanalati velocemente in percorsi normativi rigorosi.