

## PLASTICA, MICROPLASTICHE, AMBIENTE E SALUTE UMANA

Anna Valerio



Ha ormai più di un secolo di vita la plastica che oggi invade e pervade il nostro habitat. Da quando nel 1907 il chimico belga Baekeland ottenne in laboratorio la prima resina termoindurente di origine sintetica - la *Bakelite* appunto - che, riscaldata, poteva essere compressa in stampi e dar luogo a oggetti di varia forma (ricordate i vecchi telefoni neri con selettore a ruota?) la ricerca chimica in questo campo non ha conosciuto soste.

Poco dopo, nel 1912, il chimico tedesco Klatte scoprì il processo per la produzione del polivinilcloruro (*PVC*), che avrà enormi sviluppi industriali solo molti anni dopo; poi, grazie allo svizzero Brandenberger, ecco il primo materiale flessibile, trasparente e impermeabile che troverà subito applicazione nel campo dell'imbballaggio: il *Cellophane*. Successivamente nel 1935 con Carothers arriva il *Nylon* (poliammide) così versatile, dalle calze da donna ai paracadute, tanto che si può dire che con esso inizi la vera ascesa delle "fibre sintetiche". Dal 1939 soprattutto in Germania verranno sviluppati i poliuretani in sostituzione della gomma e saranno industrializzati i primi copolimeri cloruro-acetato di vinile. Verrà "ripescato" anche il PVC con i notissimi dischi fonografici e quindi, negli anni '50, le resine melamminaformaldeide (la "*Fòrmica*") con le quali si produrranno laminati per l'arredamento e si stamperanno stoviglie a basso prezzo. E poi via via l'inarrestabile ascesa del polietilene fino all'affacciarsi e il progressivo affermarsi di applicazioni sempre più sofisticate e impensabili grazie allo sviluppo dei cosiddetti "tecnopolimeri".

Si valuta che la produzione globale di plastica sia aumentata, tra gli anni '50 e il 2016, di quasi 200 volte (da 1,7 a 335 milioni di tonnellate). Allo stesso modo sono aumentati i suoi rifiuti, di cui oltre 8 milioni di tonnellate sono riversati ogni anno nell'ambiente: terra

e mare. E come è ben noto, le previsioni dei consumi sono al rialzo in modo esponenziale tanto che le stime prevedono una quadruplicazione della domanda da qui al 2050.

Questi numeri ci spingono a fermarci un attimo a riflettere.

La materia plastica è una risorsa non rinnovabile che è capace di assorbire gli inquinanti organici, che resiste alla degradazione e, tema di oggi, si frammenta in residui microscopici che le permettono di diffondersi ovunque. I suoi detriti, come ormai ben sappiamo, causano lesioni e morte negli uccelli marini, nei mammiferi, nei pesci e nei rettili.

E nell'uomo?

Nell'uomo ciò che costituisce il problema immediato sono le microplastiche (MP), definite dal *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) "quelle particelle di plastica aventi diametro inferiore ai 5 mm". La categoria delle MP comprende anche le nanoplastiche (NP) che, per le loro dimensioni inferiori a 0.1  $\mu\text{m}$  (100 nm), possono facilmente entrare nei tessuti, negli organi e nelle strutture viventi ivi comprese tutte le cellule.

Abitualmente si usa distinguere le MP in *primarie*, quelle fabbricate per uso industriale e presenti nei prodotti di largo consumo come detersivi per mani e viso, dentifrici, cosmetici, prodotti medicali (sotto forma di nanovettori di farmaci) e *secondarie*, quelle derivanti dalla scomposizione, sia in mare che in terra, delle macroplastiche grazie ai diversi processi di degradazione ambientale meccanici (erosione, abrasione, azione delle onde), chimici (fotoossidazione, corrosione, effetto della temperatura) o di biodegradazione. Una caratteristica che è importante considerare è che spesso sono anche veicolo di sostanze chimiche nocive (comprese quelle aggiunte in fase produttiva, come ftalati, bisfenoli notoriamente cancerogeni, interferenti endocrini e neurotossici), nonché di contaminanti ambientali che possono essere adsorbiti sulla loro superficie durante la permanenza nell'ambiente (un esempio per tutti: i metalli tossici - piombo e mercurio -). Adesi alle MP sono stati trovati anche microrganismi e questo è inquietante poiché, dato che è impossibile impedire la migrazione geografica intercontinentale (grazie ai mari e i loro abitanti) e il conseguente spargimento nell'ambiente di tali elementi contaminati per es. da specie esotiche, il grave rischio è che attraverso questa via aumenti la diffusione globale di patogeni sia umani che animali. Per queste ragioni negli ultimi anni l'attenzione dei ricercatori si è focalizzata sui rischi per la salute umana non solo dal punto di vista dell'esposizione alle particelle e agli additivi chimici rilasciati dai detriti di plastica diffusi nell'intera biosfera ma soprattutto sugli effetti che le MP hanno a seguito dell'ingresso nell'organismo umano, ingresso che può avvenire attraverso due vie: la dieta e l'inalazione aerea.

Considerato che le MP sono molto persistenti nell'ambiente e si accumulano soprattutto negli ecosistemi marini, una delle prime fonti alimentari di MP per l'uomo è data proprio dagli organismi marini che le assorbono sia a seguito di ingestione (per averle confuse con cibo), sia attraverso la filtrazione passiva dell'acqua. Infatti sono state trovate concentrazioni significative di particelle di plastica non solo nei tratti gastrointestinali dei pesci più comuni (merluzzo, sardina, triglia, orata, spigola ecc.), parti che comunque normalmente vengono scartate, ma soprattutto nei molluschi bivalvi (cozze, ostriche) e nei

crostacei (gamberi, gamberetti ecc.) che sono invece consumati per intero. E questo sia nei grandi mercati ittici atlantici che in quelli orientali. Le stime ci dicono che un consumatore europeo abituale di molluschi potrebbe assumere fino a 11.000 unità di MP/anno. Ma il problema non riguarda solo le creature marine. Sono state rilevate concentrazioni non trascurabili di MP anche in alcuni prodotti alimentari di derivazione diversa come zucchero, miele (a causa della dispersione di MP nell'aria e successiva deposizione sui fiori), sale, birra (per contaminazione durante la lavorazione) ecc. E naturalmente nell'acqua potabile. Anche qui le stime non sono rassicuranti valutando contaminazioni annuali pro capite da sale marino dell'ordine di 37-1000 u/MP e da acqua potabile di 4000. (*Barboza e coll Marine microplastic debris: an emerging issue for food security, food safety and human health. Marine Pollution Bulletin (2018) 133 336–348*). A seguito dell'ingestione attraverso l'intestino, nel quale la sola presenza può già risultare tossica e provocare abrasioni alterando la permeabilità tissutale, le MP possono poi raggiungere il sistema linfatico ed essere quindi distribuite in tutto l'organismo trovando nella fagocitosi la via di assorbimento cellulare preferenziale. Le zone di accumulo, almeno dell'animale da esperimento, sono risultate fegato, reni e appunto intestino.

L'altra fonte di esposizione per l'uomo è, come si diceva, per inalazione aerea e in questo caso i dati sono sovrapponibili a quelli del particolato atmosferico in quanto esso in parte è proprio costituito da MP. In questo caso i danni sono legati alle dimensioni delle particelle, per es. le nano plastiche possono raggiungere gli alveoli polmonari e da qui passare in circolo e raggiungere ancora una volta organi e tessuti senza distinzione né preferenze.

Quale che sia la via di ingresso nell'organismo, il problema del danno che si genera è quindi legato prevalentemente alla loro dimensione infatti le NP, che come si è detto hanno diametro inferiore a 0.1 µm, non solo non vengono fermate dalla barriera intestinale ma neppure da quella polmonare ed ematoencefalica. Quindi vanno davvero dappertutto e entrano in ogni cellula. (*Revel e coll. (2018) Micro(nano)plastics: a threat to human health? Current Opinion in Environmental Science & Health, 1:17–23*).

Allora le MP contaminano l'aria che respiriamo, l'acqua che beviamo e il cibo che mangiamo. Sono ovunque: nelle più profonde fosse oceaniche e nelle montagne più alte. Si trovano negli insetti, nei pesci, nelle balene, nelle nostre feci. Sono state evidenziate anche nelle placente umane.

Con quale tossicità?

Questo è il vero problema. Dai dati emersi finora si ritiene che il danno sia legato soprattutto a ciò che veicolano ma noi oggi non sappiamo in realtà cosa ci stiano provocando. Abbiamo solo i risultati di alcuni studi sugli animali ma nell'uomo c'è ancora quasi tutto da capire e senz'altro sono necessarie ricerche da condursi con la massima urgenza. Come di consueto l'OMS anche in questo campo si muove con la sua abituale lentezza preferendo dare ascolto a chi, come McGillivray dell'Università di Auckland, ha dichiarato laconicamente che *“non c'è bisogno di farsi prendere dal panico per gli effetti delle microplastiche, ma non dovremmo nemmeno rilassarci – ci sono troppe incognite su come possano influenzare la nostra salute”*. E le istituzioni europee dal canto loro cercano di fare qualcosa ma non brillano certo per efficientismo

se hanno aspettato il 2018 per approvare una strategia che miri ad aumentare i tassi di riciclaggio dei rifiuti di plastica nella UE.

Nel frattempo la ricerca va avanti. Con un recentissimo lavoro del 2021 pubblicato nella prestigiosa rivista *Science*, Vethaak e Legler ci mettono in guardia nei confronti dell'inquinamento da microplastiche affermando perentoriamente che l'ingestione e l'inalazione di queste particelle ha il potenziale per provocare un'altra crisi mondiale per la salute umana, dopo quella da Sars-Cov-2 in quanto, se non sembra esserci per il momento tossicità immediata e grave (ma noi e ogni altro vivente intorno vi siamo esposti ormai da anni), il potenziale danno originerebbe proprio da esposizioni a lungo termine che genererebbero effetti piccoli ma incrementali. Dunque se le microplastiche più grandi sembrano essere eliminate dal nostro corpo allo stesso modo dei rifiuti alimentari, sono le particelle più piccole, le NP, ad avere il maggiore potenziale di tossicità. (Vethaak AD, Legler J. *Microplastics and human health. Science. 2021 Feb 12;371(6530):672-674.*)

Gli studi finora condotti su colture cellulari umane e nei roditori hanno rivelato la capacità di scatenare processi infiammatori, danno cellulare, reazioni immunitarie, effetti neurologici e metabolici. In ogni caso non si può escludere che questi effetti siano stati causati da altre sostanze chimiche o perfino da batteri con resistenza agli antibiotici, virus e altre molecole tossiche contrabbandate da queste stesse particelle. Possono anche interferire con il nostro microbioma oltrepassando, per mezzo di trasporti passivi, specifiche aree dell'epitelio intestinale giungendo nel sangue e nella linfa in pochi minuti. E, una volta in circolo, potrebbero adsorbire macromolecole come proteine e lipidi e modificare così il comportamento dei corpuscoli intracellulari arrivando a interferire con la morte cellulare programmata e noi sappiamo che la crescita incontrollata delle cellule tumorali è anche legata a meccanismi di soppressione proprio della morte cellulare programmata.

Gli effetti possono riguardare una singola cellula, un gruppo di cellule, un organo o l'intero corpo. Tra le sostanze veicolate dalle MP le più pericolose nell'immediato sono proprio quelle che causano tumori, ma in tempi un pochino più lunghi possono essere quelle che inducono mutazioni del DNA o che hanno effetti tossici sulla riproduzione o ancora che sono interferenti ormonali tenendo sempre presente, come si diceva, che gli organi interni più colpiti sono fegato, reni, cuore, sistema nervoso e il sistema riproduttivo. Negli ultimi anni per es. l'incremento generalizzato di infertilità ha spostato l'attenzione dei ricercatori sulla gametogenesi e sulla qualità degli stessi gameti. Mentre un tempo si riteneva fosse un problema quasi esclusivamente legato alla donna, oggi si osserva un incremento importante dell'infertilità maschile e della qualità del seme che in circa il 40% dei casi rimane comunque a eziologia ignota. Oggi si sa che gli spermatozoi non sono solo il veicolo di un nucleo aploide nella cellula uovo ma che contribuiscono anche al primo sviluppo embrionale e alla salute della prole con una firma epigenetica che è altamente sensibile ai fattori ambientali e allo stile di vita del padre. Nell'uomo la produzione del seme inizia nella pubertà e richiede una successione di eventi mitotici e meiotici complessi che sono regolati da una rete di segnali endocrini, paracrini, autocrini che concorrono tutti alla produzione di gameti di alta qualità e che sono influenzati dallo stile di vita (fumo, consumo di alcool,

stress, tipo di dieta, sostanze d'abuso) e da fattori ambientali (inquinanti, metalli pesanti). Dopo esposizione alle microplastiche si è visto che cala il rapporto tra spermatozoi vitali/totali e che aumenta il numero delle aberrazioni morfologiche spermatiche. D'altro canto microplastiche sono state ritrovate nelle placente non solo animali ma anche umane con il rischio altamente probabile di trasmetterle anche ai tessuti della prole.

In genere si ritiene erroneamente che le MP provengano solo e direttamente dall'industria ad es. gli esfolianti cosmetici, o indirettamente dalla rottura nel tempo di articoli di plastica più grandi ma non è così, non si deve sottovalutare il contributo di determinate attività quotidiane come tagliare nastri sigillanti, strappare o torcere imballaggi, aprire contenitori di plastica e tappi di plastica. (*Sobhani e coll Microplastics generated when opening plastic packaging. 2020Sci Rep. Mar 19;10(1):4841*)

Il problema è davvero rilevante e dal 1945 in avanti il periodo storico è stato ed è caratterizzato un po' in tutto il mondo da un tale incremento di deposizione di plastiche tanto che, nell'intento di smaltirli, questi materiali sono perfino stati usati nell'edilizia per es. come riempitivo nell'allestimento delle superfici stradali (specificatamente nel sud Italia) ottenendo il duplice vantaggio di costi bassissimi e reperimento in loco del materiale. La Cina, altro esempio, ha sfruttato fino a poco tempo fa i propri grossi depositi di scarti plastici assorbendo fino al 70% di tali rifiuti per riciclarli in manufatti, ma ora non è più disponibile a proseguire questa attività.

La diffusione di MP è così ampia che si parla di intere stratificazioni di *materiale fossile sintetico* sulla superficie terrestre talmente estese da costituire un vero e proprio strato chiamato "tecnofossile" che nelle ere future costituirà una prova perenne e inconfutabile dell'esistenza dell'uomo sulla terra.

Da più parti si definisce l'epoca storica nella quale viviamo "Plasticene".

E tutti noi, ahimè, conosciamo quell'isola galleggiante il *Pacific Trash Vortex* che sta nel nord dell'Oceano Pacifico descritta per la prima volta nel 1997, che conterrebbe 79000 tonnellate di materia plastica per il 94% costituita proprio da microplastiche. Ma nel 2010 ne sono state segnalate altre due: una nell'Oceano Indiano e una nel Nord Atlantico. Nessuno pare preoccuparsene seriamente dato che non si trovano nelle acque territoriali di alcuno stato... quindi la cosa non ci riguarda?

E anche più vicino a noi, tra la Toscana e la Corsica, sono state rilevate concentrazioni di circa 10 kg di MP/Km<sup>2</sup>.

In tutto questo i programmi di ripulitura dei mari, laddove vengano portati avanti, non sono granché efficienti in quanto possono raccogliere solo le plastiche galleggianti di una certa dimensione ma non sono efficaci nei confronti di MP e NP. La strada per risolvere questo problema globale probabilmente sarà quella biologica infatti, come scoperto da Yoshida, del Kyoto Institute of Technology, i batteri della specie *Ideonella sakaiensis 201-F6* possiedono due enzimi capaci di degradare il polietilene tereftalato, o PET, la plastica usata in gran parte del packaging, soprattutto per le bottiglie. Quindi batteri capaci di dissolvere materiali ritenuti indistruttibili come unica via di uscita!

Da tutto ciò risulta evidente che è imperativo adottare con urgenza nuove regole: sicuramente i sacchetti biodegradabili per frutta e verdura sono un passo avanti ma è necessario non abbassare la guardia su una quantità incredibile di prodotti che dovrebbero già essere banditi (cotton fioc, stoviglie e posate monouso, cannuce, contenitori per

bevande, aste dei palloncini, imballaggi di patatine e caramelle, filtri delle sigarette) che si vedono ancora sugli scaffali di supermercati.

L'unico dato confortante è che, se l'Europa è poco ricettiva riguardo all'urgenza del problema, l'Italia pare invece essere sensibile non solo riguardo alle restrizioni d'uso, che abbiamo per primi approvato in Europa anche se non sono ancora pienamente applicate, ma soprattutto con la ricerca di alternative biodegradabili nel nuovo settore della chimica verde che, frutto sicuramente dell'ingegno ma anche di una risvegliata consuetudine al bello, sta fiorendo nel nostro Paese. Ma che la sola Italia si muova davvero non basta!



## RIFLESSI ON LINE

Iscrizione presso il Tribunale di Padova  
n.2187 del 17/08/2009

**Direttore Responsabile**  
Luigi la Gloria  
luigi.lagloria@riflessionline.it

**Vice Direttore**  
Anna Valerio  
anna.valerio@riflessionline.it

**Coordinatore Editoriale**  
Gianfranco Coccia

[www.riflessionline.it](http://www.riflessionline.it)