



Dicembre 2019

Perturbatori endocrini

1 Cos'è un perturbatore endocrino?

Un perturbatore endocrino è una sostanza o una miscela esogena che altera le funzioni dell'apparato endocrino e causa in tal modo effetti nocivi sulla salute di un organismo intatto o della sua progenie, o su intere (sub)popolazioni.

Definizione di un perturbatore endocrino secondo l'OMS (2002)

I prodotti chimici sono parte integrante della nostra vita. Alcune di queste sostanze chimiche, dette perturbatori endocrini, possono avere effetti nocivi involontari sul sistema ormonale. Il sistema ormonale o endocrino è importante per la salute di persone e animali, in quanto una delle sue funzioni è quella di regolare e gestire la secrezione ormonale (fig. 1). Gli ormoni sono messaggeri chimici del corpo, che agiscono in quantità molto ridotte e sono essenziali per lo sviluppo, la crescita, la riproduzione, il metabolismo, la difesa immunitaria e il comportamento.

Molte sostanze chimiche possono influenzare il sistema ormonale (le cosiddette sostanze attive a livello endocrino), ma solo quelle che hanno un effetto nocivo sulla salute dell'organismo, della sua progenie o su intere (sub)popolazioni sono definite perturbatori endocrini.

2 Dove si trovano i perturbatori endocrini e come entrano nel nostro corpo?

I perturbatori endocrini possono essere sostanze o prodotti di degradazione di provenienza industriale o agricola e sono presenti in prodotti di uso quotidiano, medicinali o cosmetici, ma si ritrovano anche in natura come fitocomponenti. Di seguito alcuni esempi.

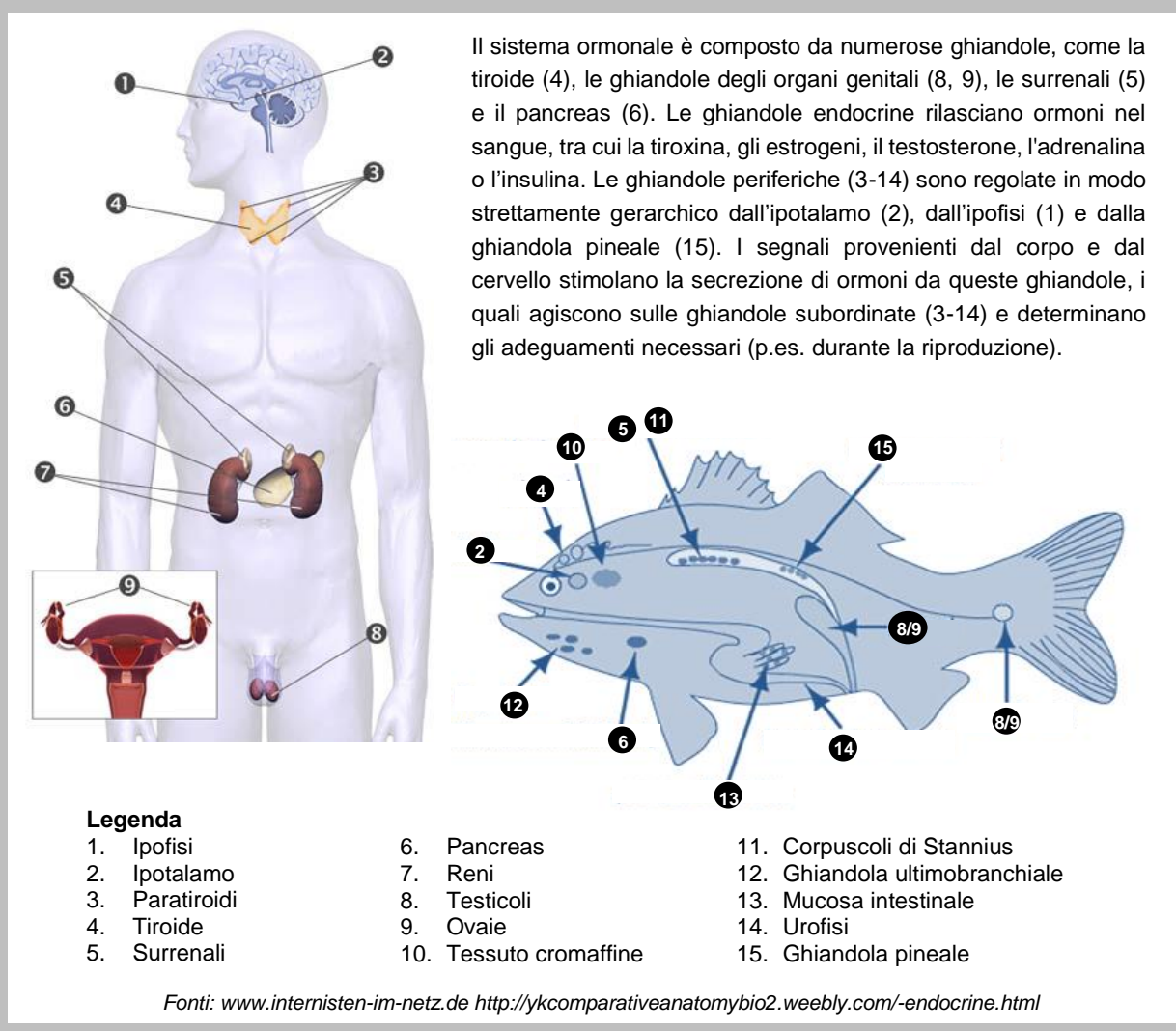
- **Prodotti e oggetti d'uso** (alcune derrate alimentari, prodotti di uso quotidiano, cosmetici, oggetti d'uso e anche materiali da costruzione, come p. es. vernici, materiale isolante, possono contenere perturbatori endocrini).
- **Medicamenti** (le loro proprietà ormonali possono essere il motivo per cui vengono somministrati alcuni medicinali, per esempio le pillole anticoncezionali; tuttavia, le stesse sostanze utilizzate nei pazienti per ottenere gli effetti desiderati possono diventare indesiderati perturbatori endocrini per gli organismi acquatici quando i residui dei medicinali eliminati con l'urina non sono smaltiti completamente dagli impianti di depurazione).
- **Agricoltura** (i perturbatori endocrini provenienti dall'agricoltura, come i residui di prodotti fitosanitari o di medicinali veterinari possono finire in tracce nelle derrate alimentari, penetrare nel terreno o raggiungere direttamente le acque attraverso i canali di drenaggio o le tracimazioni di acque miste).
- **Siti contaminati e discariche** (i perturbatori endocrini possono penetrare nel terreno con il percolato e raggiungere le acque sotterranee e superficiali).

- **Sostanze legate a particelle** nell'aria interna o esterna (i perturbatori endocrini possono essere inalati insieme alle polveri fini, come i gas di scarico dei motori diesel, o con altre polveri, per esempio sul lavoro, ed essere assorbiti dall'organismo attraverso le vie aeree).

Numerose attività possono comportare una potenziale esposizione a perturbatori endocrini, come determinati processi di fabbricazione, l'applicazione o l'utilizzo di prodotti che li contengono o il contatto con i rispettivi prodotti secondari o di degradazione.

I perturbatori endocrini possono entrare nel nostro corpo attraverso tre diversi canali: la bocca (p. es. le derrate alimentari), la pelle (p. es. i cosmetici), o il sistema respiratorio (p. es. le polveri fini).

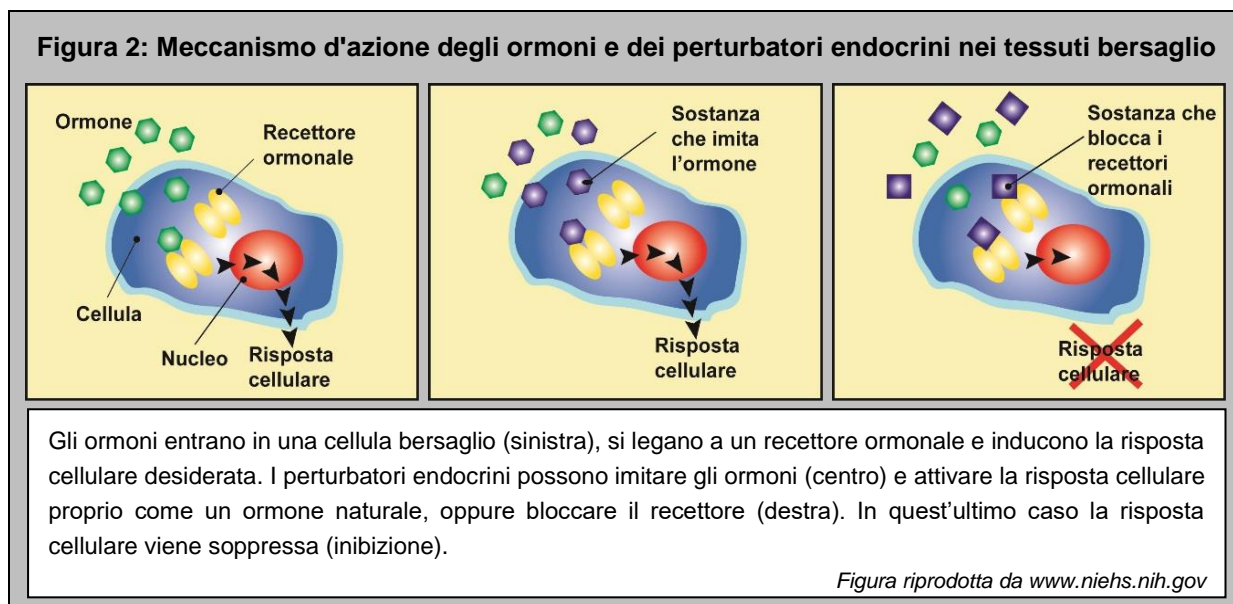
Figura 1. Il sistema ormonale nell'essere umano e nei pesci



3 Come agiscono i perturbatori endocrini sul sistema ormonale?

I perturbatori endocrini possono influenzare il sistema ormonale in diversi modi (fig. 2). Come gli ormoni naturali, alcune di queste sostanze possono legarsi direttamente a un recettore ormonale, provocando o, inversamente, bloccando l'effetto dell'ormone corrispondente. Possono intervenire anche sulla sintesi e sullo smaltimento degli ormoni nonché sul loro trasporto all'interno del corpo. I perturbatori endocrini, come gli ormoni naturali, sono metabolizzati ed eliminati dall'organismo.

Negli esseri umani e negli animali, l'influenza dei perturbatori endocrini sulla risposta cellulare fisiologica (p. es. l'aumento o la riduzione del livello di un ormone) può attivare molteplici effetti a tutti i livelli di organizzazione (cellule, tessuti, organi).



4 Quali effetti hanno i perturbatori endocrini sulla salute e sull'ambiente?

Si discute di un possibile influsso dei perturbatori endocrini in relazione ai tumori ormonodipendenti, come il cancro del seno, delle ovaie, della prostata e dei testicoli, e a diversi disturbi riproduttivi che sono stati osservati, come una ridotta conta degli spermatozoi negli adolescenti. Si ipotizza una loro associazione anche con le malattie della tiroide, il diabete, la sindrome metabolica, il sovrappeso e l'autismo.

Un nesso causale tra l'assunzione di perturbatori endocrini e queste patologie e disturbi è però difficile da dimostrare, poiché la loro insorgenza può essere influenzata da molti altri fattori, come ad esempio lo stile di vita (p. es. il fumo, l'alimentazione, lo stress) e la predisposizione (p. es. genetica).

Negli animali selvatici, nei decenni scorsi sono stati osservati disturbi dello sviluppo sessuale e della riproduzione che sono stati imputati al contatto con perturbatori endocrini nell'ambiente. Per esempio sono state riscontrate anomalie della distribuzione dei sessi, disturbi del comportamento riproduttivo e una riduzione della fertilità. Negli uccelli è stato notato un assottigliamento dei gusci delle uova e nelle acque a valle degli impianti di depurazione sono stati rinvenuti pesci intersessuali (pesci maschi che presentavano caratteri sessuali sia maschili sia femminili). Questi effetti hanno provocato in tutto il mondo una riduzione delle popolazioni di varie specie di uccelli, lontre, lumache e alligatori.

Alcuni perturbatori endocrini possono avere effetti negativi sui pesci anche in concentrazioni molto ridotte, inferiori a un nanogrammo per litro (corrispondente a circa un chilogrammo di principio attivo nel lago di Biene). Si tratta di concentrazioni a malapena riscontrabili con le analisi chimiche.

Un altro problema è il fatto che gli esseri umani e l'ambiente sono spesso esposti contemporaneamente a un miscuglio sconosciuto di perturbatori endocrini provenienti da varie fonti. Questo significa che da un lato è difficile attribuire un determinato effetto a una singola sostanza, dall'altro la loro combinazione può dare luogo a danni imprevedibili per l'organismo («effetto cocktail»).

Per gli esseri umani come per gli animali, l'esposizione ai perturbatori endocrini durante lo sviluppo embrionale e fetale nonché nella pubertà è particolarmente critica, in quanto durante queste fasi l'organismo è molto sensibile alle alterazioni dell'equilibrio ormonale. Nelle donne incinte, i perturbatori endocrini possono raggiungere il feto attraverso la placenta, mentre un lattante può assumere queste

sostanze attraverso il latte materno. Di conseguenza nel dibattito sui perturbatori endocrini viene dato un rilievo particolare alla protezione della maternità e dei giovani.

Nell'allegato 1 sono riportati alcuni esempi concreti di effetti dei perturbatori endocrini.

5 Qual è la situazione in Svizzera?

a) Nella popolazione

In campioni di latte materno della popolazione svizzera sono state rilevate alcune sostanze (filtri ultravioletti e agenti ignifughi bromati) sospettate di essere perturbatori endocrini. Finora non vi sono tuttavia studi epidemiologici esaustivi che dimostrino un nesso tra l'esposizione a queste sostanze e i possibili effetti sul sistema ormonale.

Un recente studio pubblicato nel maggio 2019 ha analizzato la qualità dello sperma di giovani uomini svizzeri ([Rahban et al., 2019](#)). Dallo studio è emerso che meno del 40% dei 2523 soggetti analizzati mostrava una qualità dello sperma corretta secondo il valore di riferimento dell'OMS, a livello della concentrazione, della motilità e della morfologia degli spermatozoi. Le cause di questo fenomeno possono essere molteplici (p. es. stile di vita, esposizione a prodotti chimici, malattie o loro trattamento). Gli autori dello studio proseguono ancora le loro indagini per valutare l'impatto sulla fertilità, e determinare le cause di questo deterioramento della qualità dello sperma in Svizzera, in particolare se esiste una relazione tra gli effetti osservati e l'esposizione a perturbatori endocrini.

b) Nel mondo del lavoro

Nell'utilizzo professionale di sostanze che possono influire negativamente sul sistema ormonale, in base allo stato delle conoscenze sono stati definiti valori limite per determinate sostanze che devono essere rispettati al fine di proteggere adeguatamente i lavoratori. Il datore di lavoro deve prendere tutte le misure necessarie per esperienza, tecnicamente applicabili e adatte alle circostanze per proteggere i lavoratori dall'esposizione inammissibile a sostanze nocive.

Nella valutazione del posto di lavoro, in riferimento alle sostanze attive a livello endocrino deve essere posta particolare attenzione alla situazione delle donne incinte, allattanti e degli adolescenti, poiché queste categorie di lavoratori e lavoratrici (e il bambino nel grembo materno) sono molto sensibili ai perturbatori endocrini.

c) Nell'ambiente

In Svizzera, le sostanze sospettate di essere perturbatori endocrini sono misurate nell'ambiente già dagli anni '70. Alchilfenoli polietossilati, diclorodifeniltricloroetano (DDT), lindano, PCB, filtri ultravioletti e ftalati sono stati individuati in corsi d'acqua, sedimenti e pesci. Nei campioni di acqua prelevati nei porti sono stati invece rilevati composti organostannici, mentre residui di agenti ignifughi bromati sono stati riscontrati in fanghi di depurazione, pesci e volpi che vivono nelle aree urbane. Alcune di queste sostanze, come il DDT, i PCB e gli agenti ignifughi bromati, sono difficilmente biodegradabili e sono sospettate di aver causato la diminuzione di varie popolazioni di uccelli indigeni negli anni '70. La caccia intensiva fino agli anni '50 e i PCB hanno determinato nel 1990 l'estinzione della lontra selvatica nel nostro Paese. A causa del loro impatto, l'utilizzo di queste sostanze è limitato o vietato per legge già da diversi anni o decenni. Ciononostante sono tuttora presenti nell'ambiente, poiché si accumulano lungo la catena alimentare e si ritrovano nel tessuto grasso degli animali, nelle radici di riserva delle piante o nei microorganismi.

Misurazioni nei corsi d'acqua svizzeri hanno mostrato che soprattutto a valle degli impianti di depurazione, ma anche in piccoli fiumi, sono presenti miscele di diversi perturbatori endocrini. Inoltre, nelle trote di ruscello di sesso maschile nei fiumi dell'Altipiano è stata rilevata la presenza di vitellogenina, una proteina abitualmente prodotta dalle femmine durante la riproduzione sotto l'influsso

degli ormoni femminili (estrogeni). La sua presenza nei pesci maschi indica un'esposizione a sostanze attive a livello endocrino e possibili problemi di riproduzione. Tuttavia, finora mancano dati che dimostrino che i perturbatori endocrini compromettono la riproduzione degli organismi acquatici indigeni, e non è chiaro in che misura siano implicati nel calo della popolazione ittica in corso da anni.

6 Come sono disciplinati i perturbatori endocrini?

La problematica dei perturbatori endocrini è nota sin dall'inizio degli anni '90. Organismi come l'Organizzazione mondiale della sanità (OMS), la Commissione europea e alcune organizzazioni non governative hanno pertanto redatto elenchi di sostanze per le quali è stata sospettata o osservata una correlazione con disturbi ormonali in animali ed esseri umani. In precedenza, l'utilizzo di alcune di queste sostanze era già stato soggetto a limitazioni legali a causa delle loro caratteristiche particolarmente pericolose (p. es. effetto cancerogeno o bassa biodegradabilità).

a) Nell'Unione europea

Tra il 1996 e il 2000 l'UE ha sviluppato una [strategia](#) in materia di perturbatori endocrini, che ha condotto a un adeguamento della legislazione concernente i prodotti chimici industriali ([REACH](#)), i [biocidi](#) e i [prodotti fitosanitari](#) e a un primo disciplinamento dei perturbatori endocrini attraverso l'introduzione di criteri provvisori. Da questa introduzione, le sostanze chimiche con proprietà di interferenza endocrina non sono più consentite o sono severamente limitate.

Poiché questi criteri provvisori non sono criteri basati scientificamente, la Commissione europea è stata incaricata di preparare e pubblicare criteri scientificamente validi per l'identificazione degli perturbatori endocrini. Questa preparazione è durata molto più del previsto e ha comportato un conseguente ritardo. Dopo intense discussioni, a novembre 2017, la [Commissione europea](#) ha pubblicato un regolamento per l'identificazione degli perturbatori endocrini nei biocidi. Questi criteri sono basati sulla definizione dell'OMS (2002). Questo regolamento è entrato in vigore il 7 dicembre 2017 ed è stato applicato dal 7 giugno 2018. Un regolamento equivalente per l'identificazione dei perturbatori endocrini nei prodotti fitosanitari è stato applicato dal 20 ottobre 2018.

L'obiettivo è che a lungo termine tutti gli atti normativi rilevanti applichino gli stessi criteri armonizzati per identificare i perturbatori endocrini (legislazione sui prodotti chimici industriali e sui cosmetici, ma anche sulla protezione delle acque, ecc.).

b) In Svizzera

La Confederazione si occupa di [perturbatori endocrini dal 1999](#) e, in particolare, ha sostenuto un programma di ricerca nazionale su questo argomento tra il 2002 e il 2007 (programma nazionale di ricerca [\(PNR 50\)](#) - perturbatori endocrini: importanza per gli esseri umani, gli animali e gli ecosistemi).

Il diritto svizzero contiene già oggi prescrizioni concernenti i perturbatori endocrini che in gran parte sono armonizzate con le norme europee (p. es. le ordinanze sui biocidi, sui prodotti chimici, sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici, sui prodotti fitosanitari, sui cosmetici, sulle derrate alimentari e gli oggetti d'uso).

In seguito dell'accordo tra la Svizzera e l'Unione europea sul reciproco riconoscimento in materia di valutazione della conformità (MRA) dei biocidi, la Svizzera è obbligata ad armonizzare la sua regolamentazione dei biocidi con quella in vigore nell'Unione europea. L'ultima revisione dell'Ordinanza sui biocidi (OBioc) ha incorporato i criteri per l'identificazione degli perturbatori endocrini facendo riferimento al regolamento delegato dell'Unione europea 2017/2100. Questa revisione è entrata in vigore il 1° marzo 2018 per i prodotti biocidi. L'ordinanza sui prodotti fitosanitari (OPF) è stata rivista in modo simile ed è stata applicata dal 1° gennaio 2019.

Quando i criteri di identificazione entreranno in vigore in altre legislazioni europee, i regolamenti svizzeri

saranno rivisti e adattati secondo necessità per incorporare questi cambiamenti.

La protezione generale della salute sul posto di lavoro include anche i perturbatori endocrini. Sono già in vigore prescrizioni e raccomandazioni per la protezione della salute dei lavoratori e la prevenzione degli infortuni sul posto di lavoro e delle malattie professionali. Le ordinanze sulla protezione della maternità e sulla protezione dei giovani lavoratori tutelano inoltre le donne incinte, le madri allattanti e gli adolescenti nell'utilizzo di prodotti chimici (tra cui anche i perturbatori endocrini) sul posto di lavoro.

7 Quali misure e attività prende la Confederazione per la protezione dai perturbatori endocrini?

In considerazione degli sviluppi nell'Unione europea e l'interesse pubblico più ampio, nel 2015, la Commissione di Coordinamento chimica per gli uffici federali ha istituito un gruppo di lavoro interdipartimentale sui perturbatori endocrini con i rappresentanti di tutti gli uffici competenti (UFSP, UFAM, UFAG, OSAV, SECO e Swissmedic). Il suo scopo è condividere informazioni sui perturbatori endocrini e coordinare le attività tra i vari uffici. Il gruppo deve fornire alla popolazione svizzera informazioni pertinenti e consulenza competente sui perturbatori endocrini. Inoltre, il gruppo, i cui membri fanno parte di varie commissioni internazionali, sta seguendo i progressi nel campo a livello internazionale.

Inoltre, la Confederazione segue attivamente l'evoluzione scientifica e promuove la ricerca nel campo dei perturbatori endocrini. Ad esempio sostiene lo sviluppo di metodi internazionali standardizzati per il monitoraggio dei perturbatori endocrini (linee guida sui test dell'[OCSE](#)) e per l'analisi della qualità delle acque (standard ISO) nonché l'elaborazione di criteri di qualità scientifici (EQS) per i perturbatori endocrini nelle acque. A livello internazionale la Confederazione è membro di gruppi di esperti dell'UE (per esempio [ECHA EDEG](#)), partecipando attivamente al dibattito a livello scientifico e normativo in sede europea.

La Confederazione garantisce la protezione della popolazione e dell'ambiente dai perturbatori endocrini adottando le seguenti misure:

- la legislazione sui prodotti chimici in Svizzera è ampiamente armonizzata con quella europea mediante il meccanismo di recepimento autonomo. Gli sviluppi nell'UE concernenti il disciplinamento dei perturbatori endocrini continueranno a influire sul disciplinamento in Svizzera;
- la Svizzera ha ratificato nel 2003 la Convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti (convenzione POP), che tra gli altri provvedimenti comporta anche il divieto su scala mondiale di alcuni perturbatori endocrini difficilmente biodegradabili. La convenzione POP è entrata in vigore nel 2004;
- per la protezione delle risorse di acqua potabile e degli organismi acquatici, la Confederazione ha deciso di finanziare il potenziamento di impianti di depurazione selezionati con un'ulteriore fase di depurazione. Tale potenziamento consente anche di ridurre nettamente la quantità di perturbatori endocrini nelle acque depurate. Le misure sono applicate dove appaiono più urgenti: per migliorare la protezione della flora e della fauna è previsto in primo luogo l'ampliamento degli impianti di depurazione presso i corsi d'acqua con una quota elevata di acque di scarico. Inoltre saranno potenziati i principali IDA e i grandi IDA ubicati nel bacino imbrifero di laghi. Con questo impegno la Svizzera si assume, quale «castello d'acqua d'Europa», la propria responsabilità di rivierasco a monte, migliora la protezione delle risorse di acqua potabile e la qualità delle acque balneabili lacustri;
- si conoscono pochi dati sul rilascio e la diffusione di ormoni steroidei naturali provenienti dalle attività agricole. Tali sostanze sono liberate direttamente nell'ambiente, pertanto localmente potrebbero verificarsi immissioni elevate di ormoni steroidei naturali di origine agricola nelle acque superficiali. Questa problematica viene attualmente esaminata in un progetto di ricerca condotto da Agroscope e Centro Ecotox e finanziato dall'UFAM;
- la Confederazione e i Cantoni provvedono affinché siano risanati i siti contaminati, ossia i siti in cui, per esempio, sostanze pericolose possono raggiungere con il percolato le acque superficiali

o sotterranee. A determinate condizioni, la Confederazione partecipa ai costi di risanamento. Inoltre solo rifiuti che soddisfano precisi criteri possono essere depositati in discariche conformi alla legge;

- In futuro dovranno essere effettuati in tutta la Svizzera rilevamenti dell'esposizione dell'organismo umano a sostanze nocive, tra cui anche i perturbatori endocrini. Per esempio con uno studio [di biomonitoraggio umano \(HBM\) a livello nazionale](#) atto a rilevare sostanze nocive nei campioni (urina, sangue, capelli, ecc.) dei soggetti analizzati e a combinare i dati con un sondaggio sullo stile di vita e sulla storia clinica. Un confronto dei dati relativi all'esposizione con i dati medici consentirà di analizzare gli effetti dei perturbatori endocrini sulla popolazione e di adottare, sulla base delle informazioni ottenute, provvedimenti sostenibili volti a disciplinare l'uso di queste sostanze.

8 Informazioni supplementari

Ufficio	Ambito di competenza	Sito web	Contatto	E-mail
Ufficio federale della sanità pubblica (UFSP)	Prodotti chimici e salute umana (prodotti chimici e biocidi)	UFSP - Perturbatori endocrini	UFSP, Divisione prodotti chimici, 3003 Berna +41 58 462 96 40	bag-chem@bafu.admin.ch
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)	Sostanze chimiche presenti nell'ambiente (prodotti chimici e biocidi)	UFAM - Prodotti chimici	UFAM, Divisione Protezione dell'aria e prodotti chimici, 3063 Ittigen +41 58 462 69 70	chemicals@bafu.admin.ch
	Microinquinanti e qualità delle acque	UFAM - Acque	UFAM, Divisione Acque, 3063 Ittigen +41 58 462 69 69	wasser@bafu.admin.ch
Ufficio federale della sicurezza alimentare e di veterinaria (USAV)	Derrate alimentari, oggetti d'uso, materiali destinati a entrare in contatto con derrate alimentari, giocattoli, cosmetici, prodotti fitosanitari (tossicologia)	USAV - Sicurezza - alimentare	USAV, Divisione Valutazione dei rischi, 3003 Berna +41 58 463 30 33	info@blv.admin.ch
Ufficio federale dell'agricoltura (UFAG)	Agricoltura, prodotti fitosanitari (omologazione)	UFAG - Prodotti fitosanitari	UFAG, 3003 Berna +41 58 462 25 11	info@blw.admin.ch
Segreteria di Stato dell'economia (SECO)	Condizioni di lavoro, prodotti chimici e lavoro	SECO - Prodotti chimici e lavoro	SECO, 3003 Berna +41 58 462 56 56	abch@seco.admin.ch
Suva	Dipartimento tutela della salute	Suva	Suva, contatto, 6002 Lucerna 0848 820 820	Contatto sul sito web della Suva
Swissmedic	Agenti terapeutici / medicinali	Swissmedic - Sorveglianza del mercato	Swissmedic, 3000 Berna 9 +41 58 462 02 23	Anfragen@swissmedic.ch

Allegato 1: Esempi pratici

a) Medicamenti: dietilstilbestrolo nell'essere umano

Le conseguenze di un'esposizione umana al *dietilstilbestrolo* (DES), un estrogeno sintetico non steroideo, sono ampiamente descritte. Il DES è stato prescritto tra il 1940 e il 1970 negli USA e in alcuni Paesi europei, anche contro alcune complicazioni della gravidanza (prevenzione di aborti spontanei e nascite premature). In seguito, studi epidemiologici hanno mostrato che le figlie di donne trattate con DES avevano un rischio molto più elevato di ammalarsi di un'altrimenti rara forma di tumore vaginale e di cancro al seno.

b) Metalli sul posto di lavoro

Molti metalli hanno effetti endocrini, tra cui in prima linea il piombo, il mercurio, il cadmio, il cromo e il manganese. Gli effetti sul sistema ormonale più studiati sono quelli del piombo. Varie pubblicazioni indicano per esempio un influsso negativo sulla fertilità maschile: da uno studio è emerso che, in lavoratori con un livello ematico di piombo superiore a 400 µg/l (corrispondente al valore di tolleranza biologica sul posto di lavoro in Svizzera (valore BAT), ossia un valore limite indicativo o orientativo del rischio per la salute sul posto di lavoro), è stata osservata una riduzione della concentrazione e della qualità degli spermatozoi e quindi anche una riduzione della fertilità.

c) Bifenili policlorurati nelle lontre

Le popolazioni di lontra selvatica si sono ridotte o estinte in ampie aree dell'Europa nordoccidentale e centrale. Si ritiene che la causa principale siano i *bifenili policlorurati* (PCB), utilizzati fino agli anni 1980 soprattutto in trasformatori e condensatori elettrici, in oli idraulici e come ammorbidenti nelle vernici e in altri materiali. Alcuni studi hanno mostrato una correlazione diretta tra l'esposizione ai PCB dei pesci (fonte principale di nutrimento delle lontre), l'accumulo di PCB nel grasso corporeo delle lontre e la riduzione della popolazione di questi mustelidi. Si riusciva a rinvenire esemplari giovani solo nelle popolazioni con una ridotta esposizione ai PCB. È stato quindi avanzato il sospetto che la riproduzione delle lontre fosse impedita o perlomeno molto limitata dai PCB. Queste sostanze sono riscontrabili in tutto il mondo e sono diventate onnipresenti nell'atmosfera, nelle acque e nel terreno. Rientrano tra i dodici inquinanti organici noti come «sporca dozzina», vietati a livello mondiale dalla Convenzione di Stoccolma del 22 maggio 2001.

d) Composti di tributilstagno (TBT) nell'ambiente

Negli anni 1980 nelle lumache di acqua dolce e salata sono stati osservati frequenti fenomeni di mascolinizzazione. Già piccole concentrazioni di composti di tributilstagno (TBT), utilizzati nelle vernici per natanti per il loro effetto biocida, erano sufficienti a provocare lo sviluppo di organi genitali maschili nelle lumache femmine e a impedirne la riproduzione. La scoperta di questi effetti indesiderati ha portato nel 2008 al divieto di utilizzare il TBT nelle vernici per natanti a livello mondiale.

e) Esposizione di pesci a miscele di perturbatori endocrini

Non sono solo le sostanze singole a essere problematiche, ma anche le miscele di perturbatori endocrini. All'inizio degli anni 1990, in Gran Bretagna, nelle acque a valle degli impianti di depurazione sono stati ripetutamente rinvenuti pesci maschi con caratteristiche sessuali sia maschili sia femminili (cosiddetti organismi intersessuali). Ricerche successive hanno mostrato che nelle acque di scarico, malgrado la depurazione, persistevano sostanze che nei pesci avevano un effetto simile agli estrogeni, inducendo quindi una femminilizzazione dei pesci maschi. I sospetti sono caduti su una miscela degli ormoni naturali estradiolo ed estrone, dell'ormone sintetico etinilestradiolo nonché di due altre sostanze, il nonilfenolo e l'ottilfenolo, finite nelle acque come prodotti di decomposizione degli alchilfenoli polietossilati, un tempo utilizzati nei detersivi. L'impiego di ottilfenoli, nonilfenoli e dei loro etossilati è vietato in Svizzera dal 2006 per tutti gli utilizzi rilevanti per le acque.