

O PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN NA QUÍMICA

ARMESTO RAMÓN, CONSTANTINO

constantinoarmesto@edu.xunta.es

Resumo

Ao longo do século XX comprobouse, repetidas veces, que substancias químicas inofensivas a priori demostráronse prexudiciais para a saúde a posteriori. Existen máis de cen mil substancias químicas sintéticas no medio ambiente e ignórase a toxicidade tanto da maioría delas, como das súas mesturas. Algunhas substancias químicas son disruptores endócrinos, que contribúen ao desenvolvemento de numerosas enfermidades, outras substancias químicas son neurotóxicos, que están na orixe do aumento de alteracións neurocondutuais. Arguméntase que, de aplicar o principio de precaución, se minimizaron os prexuízos para a saúde humana do uso de produtos químicos sintéticos no pasado e no presente.

Palabras clave

Disruptores, neurotóxicos, precaución, riscos, ignorancia.

1. Introducción

“A química, hei de admitilo, ten mala reputación” -escribe Peter Atkins- “esa mala reputación tórnase moitas veces aínda peor, ao tomar un conciencia do impacto ambiental deses nefastos produtos químicos que escapan á natureza”, “Sen ignorar o lado escuro e negativo vou tratar de que o lector aprecie tamén o lado brillante e positivo.” O libro de Atkins “Que é a Química?” mostra unha fascinante e bela ciencia. O escritor deste artigo gozou da súa lectura e encomia a mestría do seu autor, pero neste escrito pretende o contrario, quere mostrar o lado escuro e non tanto ao público como aos propios químicos; porque é fácil atribuír os moitos abusos químicos cometidos durante o século XX aos gobernantes ou ás multinacionais ou a... pero somos inocentes os químicos? No último capítulo Atkins extásiase comentando as increíbles propiedades do grafeno. O escritor deste artigo reconece ponderar con entusiasmo o grafeno ao seu alumnado. Agora ben, tanto o sabio divulgador como o humilde escritor deste artigo acordáronse de comprobar se a produción industrial do grafeno prexudicará a saúde humana ou do medio ambiente? Non temos certa responsabilidade ética quen exaltamos ao grafeno sen antes esixir probas de que non prexudica a saúde humana ou envelena a natureza? Medite o sabio lector.

Durante o Antropoceno as elites científicas quéixanse de que perden respaldo público. Fano por corporativismo? Terá o público razóns contundentes? Lembremos a encefalopatía esponxiforme

das vacas en Gran Bretaña, as dioxinas que contiñan os alimentos de orixe animal de Bélxica ou as transfusións con sangue contaminado con VIH en Francia. Houbo casos nos que os científicos proclamaron certeza de ausencia de dano; e esa certeza -repito, certeza- mostrouse errada? Houbo erros que atrasaron as accións para previr os danos á saúde humana, mesmo con evidencias de dano? Os científicos pecamos de soberbia e falta de humildade ante as incertezas do mundo? Comérciase con máis de cen mil substancias químicas e apenas sabemos como repercuten na saúde a décima parte delas; e a nosa ignorancia é case completa sobre o efecto das diversas mesturas. Sabemos que algunhas substancias químicas industriais de uso habitual son tóxicas e que os seus efectos son devastadores: desde discapacidades cerebrais e futuros trastornos de conduta nos fetos e infantes ata cancros nos adultos. Tómanse precaucións para evitar a exposición a elas ou os químicos minimizan os riscos? (Llobat, 2021)

2. Pasado (século XX): Análise de casos nos que substancias químicas, inofensivas a priori, afectaron á saúde humana

No ano 2001, a Axencia Europea do Medio Ambiente (EEA) publicou un informe (Gee e Guedes Vaz, 2001), que abarca todo o século XX, no que analiza catorce casos de uso de tecnoloxías ou produtos considerados inofensivos no seu momento, que se mostraron daniños para a saúde humana ou o medio ambiente a longo prazo. Levan estes títulos:

1 Pesqueiras: balance. 2 Radiación. 3 Benceno. 4 Asbestos. 5 PCBs (bifenilos policlorados). 6 Halocarbonos, capa de ozono. 7 Historia do DEAS (dietilestilbestrol). 8 Antimicrobianos como promotores do crecemento. 9 Dióxido de xofre. 10 MTBE (metil terc-butil éter) na gasolina como substituto do chumbo. 11 Contaminación química nos Grandes Lagos. 12 Antiincrustantes de tributilestaño (TBT). 13 Hormonas como promotores de crecemento. 14 “Enfermidade das vacas tolas”.

Os protagonistas de once casos -exceptuamos os dous primeiros e o último- son substancias químicas que usamos os humanos habitualmente; a elas voume a referir.

1º. As once táboas seguintes ilustrannos do tempo transcorrido entre a primeira sospeita razoable de dano á saúde humana ou ao medio ambiente e as primeiras accións que se tomaron para previlo (Gee e Guedes Vaz, 2001):

1. Benceno

Ano 1897	Sábese que o benceno é un veneno para a medula ósea: anemia aplásica en mulleres suecas que fabrican pneumáticos e nun tintureiro francés
1900-1950	Informes de enfermos da médula ósea relacionados co benceno
1946	100 ppm límite recomendado para a exposición ao benceno
1987	1 ppm novo límite de exposición ao benceno

2. Asbesto (ou amianto)

Ano 1898	Informe sobre os efectos tóxicos do po de asbesto
1906	Informe: 50 traballadoras francesas de téxtiles con asbesto mortas

2. Asbesto (ou amianto)

1911	O po de asbesto é daniño nas ratas
1998-1999	A Unión Europea prohíbe o asbesto

3. PCB (Bifenilos policlorados)

Anos 1930-1940	Probas que PCBs envelenan persoas: a industria retivo a información
1967-1970	Evidencia que os PCBs danan a saúde humana
1989	Os países da OCDE acordan non usar PCBs
1999	Téntanse eliminar os PCBs, pero atópanse tan diseminados no ambiente que a súa recuperación e destrución é imposible

4. Halocarburos (CFC)

Ano 1907	Experimentos proban que o cloro descompón o ozono
1974	Molina e Rowland publican argumentos que demostran que os CFC destrúen a capa de ozono estratosférica
1985	Descubrimento que o ozono na Antártida diminuíra un corenta por cento
1987	Protocolo internacional para a protección da capa de ozono

5. Dietilestilbestrol (DES)

Ano 1938	Sintetízase DES (estróxeno sintético)
1938	Demóstrase que produce cancro en animais
1942	Apróbase o seu uso porque os científicos crían que reducía o risco de aborto: receitouse a varios millóns de mulleres norteamericanas e a máis de medio millón de europeas
1953	Datos mostran que non é efectivo contra o aborto
1970-1972	As fillas das mulleres tratadas con DES padeceron, de adultas, máis cancros do aparello reprodutor e infertilidade que a media
1971	Deixa de usarse en EE.UU.
1977	Deixa de usarse en España

6. Antibióticos

Ano 1941	A penicilina introduciuse como terapia antiinfecciosa.
1940-1950	Descubriuse que os antibióticos promoven o crecemento de animais en granxas. Na gandería industrial adminístranse doses subterapéuticas de antibióticos durante longo tempo: os animais crecen máis, mellora a produción de ovos, aumenta o tamaño da camada de porcas, aumenta a produción de leite.
1950-59	Coñécese a resistencia aos antibióticos.
1969	Hai sospeitas razoadas, non probas concluíntes, de que a resistencia aos antibióticos propágase dos animais aos humanos. O Comité Swann recomenda restrinxir os antibióticos na alimentación animal: ignórase a recomendación.
1990-2000	Demóstrase que a resistencia aos antibióticos transfírese dunhas especies de bacterias a outras; os científicos creron que era imposible.
1999-2000	A UE e a OMS promoven a prohibición do uso dos antibióticos como promotores do crecemento.

7. Dióxido de xofre

Ano 1952	O smog mata a máis de dous mil persoas en Londres.
1953	A acidificación das precipitacións e dos ríos suecos relaciónase coas emisións de dióxido de xofre noutros países.
1954	Compróbase que os bosques de Alemaña, Polonia e América do Norte morren por mor da choiva aceda.
1955	Protocolo internacional para reducir as emisións de xofre un trinta por cento.

8. MTBE (metil terc-butil éter)

Ano 1960	Informes sobre o sabor e cheiro da auga con MTBE (aditivo da gasolina) e a súa baixa biodegradación.
1990	Indicios de contaminación das augas subterráneas con MTBE.
1990	Aumenta o uso de MTBE en EEUU.
2000	A EPA (EE.UU.) anuncia que tomará medidas para reducir ou eliminar o MTBE da gasolina.

8. MTBE (metil terc-butil éter)

2000	A EPA danesa cualifica ao MTBE de substancia indesexable.
2000	Indicios de que o MTBE é disruptor endocrino.

9. Contaminación química nos Grandes Lagos

Ano 1962	Rachel Carson (“Primavera silenciosa”) advirte dos efectos dos praguicidas organoclorados na fauna e saúde humana.
1963	Observan cambios nos ovos das aves do lago Ontario.
1966	Detectan compostos organoclorados na fauna dos Grandes Lagos.
1969	Canadá prohíbe o DDT e os praguicidas organoclorados.
1972-1973	Estados Unidos prohíbe o DDT e o dieldrín.
1978	Correlación entre o aumento de enfermidades na rexión e a vertedura de refugallos tóxicos (incluídas dioxinas) na auga. A Hooker Chemical Company (verteu 20000 toneladas de refugallos tóxicos na auga) e funcionarios do goberno negaron que os produtos químicos tóxicos fosen causantes do aumento de enfermidades.
1980	Traslado de novecentas familias dunha área contaminada.
1984	Demostrouse que os neonatos expostos a altos niveis de PCB (bifenilos policlorados), por consumo materno de peixe contaminado, pesaban menos e tiñan cabezas máis pequenas.
2000	Comprobouse a relación entre anomalías do comportamento e exposicións prenatais aos PCBs.

10. TBT (tributil-estaño)

Anos 1965-1970	A acumulación de incrustacións biolóxicas en buques aumenta o consumo de combustible. Os compostos de tributilestaño (TBT) son biocidas antiincrustacións: uso xeneralizado de pinturas con TBT.
1975-1980	Efectos dos TBT: as femias dos gasterópodos desenvolveron órganos sexuais masculinos (imposex): exterminio rexional dalgunhas especies.
1982	Prohibición en Francia de pinturas de TBT en embarcacións pequenas.
1990	Contaminación por TBT xeneralizada en mamíferos mariños.

10. TBT (tributil-estaño)

2003, 2008	Prohibición mundial de pinturas de TBT en todas as embarcacións.
------------	--

11. Hormonas como promotores de crecemento

Ano 1950	Dietilestilbestrol (DES), análogo á hormona natural estroxénica, úsase -en implantes baixo a pel ou como aditivo alimentario- como promotor de crecemento para bovinos, ovinos e aves.
1970-1975	O DES é canceríxeno humano. Consenso científico: o risco para a saúde humana é insignificante.
1979	Prohíbese o uso do DES nos EE.UU.
1988	A Unión Europea prohíbe estróxenos como promotores do crecemento. Os comités científicos da UE e da OMS non apoiaron a prohibición. Investigacións científicas posteriores xustifican a precaución: descoñécense os efectos a longo prazo da exposición de infantes aos estróxenos (hormonas femininas); ignórase a concentración mínima de estróxeno que non induce tumores en humanos.
1999	Persiste a incerteza.

Resumo: Os tempos transcorridos entre os primeiros avisos de dano para a saúde humana ou do medio ambiente e as medidas tomadas para paliar o dano superan os dous ou tres decenios, e non é raro que pasen do medio século.

2º Tivo un custo para a saúde humana ou do medio ambiente a inacción ante a exposición a substancias químicas consideradas inofensivos a priori, que a posteriori se mostraron daniñas? Na seguinte táboa resúmese (Gee e Guedes Vaz, 2001).

Custo

Substancia química	Saúde humana	Saúde ambiental
Benceno (COV)	Cancro medula ósea	
Amianto (PM)	Cancro (250 000-400 000 casos) na UE en trinta e cinco anos	
Halocarburos (COV)	Cancro pel	Destrución capa ozono estratosférica
Dióxido de xofre	Asma e enfermidades pulmonares	Choiva aceda: destrución bosques

Custo

Substancia química	Saúde humana	Saúde ambiental
PCB (COP)	Disruptor endocrino, neurotóxico: trastornos conducta infantil.	
Compostos organoclorados (COP): praguicidas, PCB, dioxinas...	Disruptores endocrinos, neurotóxicos: trastornos conducta infantil.	
TBT (COP)	—	Impide reproducción dalgunhas especies de moluscos
MTBE (COP)	—	Envenenamento auga
DES (fármaco)	Enfermidades en fillos de mulleres tratadas	
Antibióticos (promotores do crecemento animal)	Alteración microbioma intestinal. Aparición de bacterias patóxenas resistentes aos antibióticos.	
Estróxenos (promotores do crecemento animal)	Posible efecto sobre reprodución masculina, posible disruptor endocrino, posible canceríxeno.	

3º Poden aprenderse leccións da análise dos once casos anteriores ocorridos no século XX? Resumo algunhas (Gee e Guedes Vaz, 2001):

- Recoñecer a incerteza que existe na valoración dunha substancia química. Necesítase unha ciencia que abarque a incerteza con máis humildade e menos arrogancia: o descubrimento da complexidade requíreo. Compróbase nestes dous casos. O descenso da intelixencia dos nenos e os seus trastornos de conduta, problema principal da pediatría actual, poderían deberse tanto a factores socioeconómicos como á intoxicación co mercurio, os bifenilos policlorados (PCB) e o chumbo (Rainhorn, 2018; Bertomeu Sánchez, 2018). O colapso das colonias de abellas vincúlase tanto cos virus e cambio climático como cos praguicidas nicotinoides (Sánchez-Baio e Wyckhuys, 2019).
- Recoñecer sempre o posible risco de calquera substancia química e, en caso de dúbida, mostrar cautela.

- Evitar a parálise da acción ata adquirir a certeza. Débese actuar cando a sospeita do dano para a saúde humana ou do medio ambiente sexa razoable, sen esperar a ter certeza.
- Faltan mecanismos institucionais para responder aos primeiros sinais de alarma. As autoridades sanitarias, os dirixentes políticos, mesmo os seus propios colegas fustrigan aos científicos que dan as primeiras alarmas.
- Existen lazos entre as fontes de coñecemento científico e poderosos intereses económicos e científicos.

4º Un segundo informe da Axencia Europea del Medio Ambiente (Gee et al., 2013) describe outros nove casos de substancias químicas que afectan á saúde humana e que estimo innecesario comentar porque entendo que os once casos analizados aclaran suficientemente o tema. Cito os seus títulos para que o lector aprecie que moitos casos quedan sen mencionar: o chumbo; a contaminación da auga corrente con PCE [percloroetileno]; a enfermidade de Minamata [mercurio]; o problema do berilio; a manipulación da investigación pola industria tabaqueira; o cloruro de vinilo [PVC]; o praguicida DBCP [dibromocloropropano] e a infertilidade masculina; o bisfenol A; e o DDT.

3. Presente (século XXI): neurotóxicos

A historia da química está repleta de produtos seguros a priori que se retiraron do mercado tras comprobar o seu perigo a posteriori: non hai razón algunha para asegurar que non suceda o mesmo con algúns dos cen mil produtos químicos que usamos agora. Sabemos que os trastornos do desenvolvemento neurocondutual afectan do dez ao quince por cento de todos os recentemente nados no mundo (os factores xenéticos explican menos do corenta por cento deles). Existen evidencias de que a exposición aos produtos químicos difundidos no medio ambiente contribúen á pandemia silenciosa da toxicidade que afecta o desenvolvemento neuronal humano (Grandjean e Landrigan, 2014); porque o cerebro humano durante o seu desenvolvemento é excepcionalmente vulnerable á exposición a substancias químicas neurotóxicas no útero e durante a primeira infancia; durante esas etapas, os produtos químicos poden causar lesións cerebrais permanentes cunha exposición que apenas afectaría a un adulto (Gascón Merlos, 2014).

No ano 2006 identificáronse seis produtos químicos industriais neurotóxicos que afectan ao desenvolvemento neurolóxico humano; chumbo, metilmercurio, bifenilos policlorados, arsénico, tolueno e etanol; douscentos dous neurotóxicos que afectan aos adultos humanos, dos cales noventa e dous son praguicidas; e máis de mil neurotóxicos que afectan aos animais (Grandjean e Landrigan, 2014). No ano 2013, o número de neurotóxicos que afecta ao desenvolvemento neurolóxico humano é doce, duplicouse. Os seis adicionais son o manganeso, fluoruro, clorpirifós (insecticida organofosforado), diclorodifeniltricloroetano (DDT, insecticida organoclorado), tetracloroetileno e difenilos polibromados. Ademais, existen probas para sospeitar que insecticidas como o propoxur (carbamato) e a permetrina (piretroide), algúns herbicidas e funxicidas, os ftalatos, bisfenol A, hidrocarburos aromáticos policíclicos, monóxido de carbono e compostos orgánicos perfluorados tamén son neurotóxicos que afectan o desenvolvemento do sistema nervioso humano. E máis neurotóxicos que afectan ao desenvolvemento do sistema nervioso humano poderían estar escondidos tanto nos centenaes de neurotóxicos que afectan aos adultos (porque un neurotóxico que afecta ao desenvolvemento do sistema nervioso tarda en descubrirse decenios, mentres que un neurotóxico que afecta a un adulto identifícase en anos) como entre os miles de substancias químicas sintéticas de uso habitual ás que nunca se comprobou a súa neurotoxicidade (Grandjean e Landrigan, 2014).

Cabe engadir que a exposición a substancias químicas neurotóxicas é habitual; porque o volume de produción de case a metade dos neurotóxicos humanos coñecidos é alto. Consecuencias? A exposición prenatal, ou durante os dous primeiros anos de vida, aos neurotóxicos que afectan ao desenvolvemento neurolóxico causa dano cerebral, con frecuencia, permanente. Vincúlase con síndrome clínicas que afectan a millóns de nenos en todo o mundo; e cuxa frecuencia aumenta. Crece o risco de trastornos por déficit de atención con hiperactividade (TDAH), de trastorno autista, de dislexia e doutras deficiencias cognitivas. (Gascón Merlos, 2014). Os nenos perden habilidades cognitivas (diminúe o seu coeficiente de intelixencia), o que reduce as súas cualificacións académicas e a súa conduta vólvese máis antisocial e violenta.

Expoñamos algún caso. Nos EE.UU. a taxa de homicidios reduciuse despois da eliminación do chumbo da gasolina. Na Unión Europea, estímase que se perden seiscentos mil puntos de coeficiente intelectual cada ano debido á exposición ao metilmercurio. A exposición a praguicidas e outros neurotóxicos nos países en vías de desenvolvemento, onde os controis químicos son ineficaces, podería contribuír á correlación que se observou entre o coeficiente intelectual e o PIB.

En resumo, os nenos de todo o mundo están expostos a substancias químicas neurotóxicas que erosionan a súa intelixencia, alteran o seu comportamento e prexudican o futuro das sociedades.

4. Presente (século XXI): disruptores endocrinos

Coñécense os disruptores endocrinos desde 1991, aínda que nese momento os científicos ignoraban o grao dos seus prexuízos. Os humanos necesitamos un sistema endocrino para vivir, para reproducirnos e para que un embrión se converta en adulto. Desgraciadamente dispoñemos de probas para dudar da saúde do noso sistema endocrino: 1º polo elevado número de persoas que mostran trastornos do sistema endocrino; 2º porque nos últimos decenios aumentou a proporción de trastornos do sistema endocrino; 3º porque nos animais salvaxes tamén atopamos gran cantidade de trastornos endocrinos; e 4º porque identificamos numerosas substancias químicas presentes no ambiente que alteran o sistema endocrino.

Demostrar con certeza a relación causa-efecto cun composto químico disruptor endocrino resulta difícil porque as consecuencias poden demorarse decenas de anos; aínda así existen datos suficientes para relacionar a exposición a disruptores endocrinos con: 1º a diabetes tipo 2 (existen centenas de millóns de diabéticos e duplicouse o número de enfermos en 28 anos) e a obesidade (máis de 1500 millóns de obesos); 2º os cancros relacionados co sistema endocrino (mama, ovario, próstata, testículo e tiroides); 3º os trastornos neurocondutuais (incluídas deficiencias intelectuais) asociados con anomalías tiroideas; sospeitamos de todas as substancias químicas que diminúen a cantidade das hormonas tiroideas no soro; porque a deficiencia severa de hormonas tiroideas causa dano cerebral; e porque a insuficiencia moderada (25%) ou transitoria das hormonas tiroideas durante o embarazo asóciase cun coeficiente intelectual reducido; e 4º a esterilidade, porque diminúe a cantidade de espermatozoides (ata o corenta por cento nos mozos dalgúns países) ou por malformacións xenitais (Bergman, Heindel, Jobling, Kidd e Zoeller, 2012). Aínda que os disruptores endocrinos poden non ser os únicos responsables, en 2012 a Organización Mundial da Saúde (OMS) uniuse aos endocrinólogos para anunciar que os compostos químicos disruptores endocrinos constitúen un grave problema sanitario mundial. Se queremos protexer a nosa saúde e a saúde mental dos nenos debemos reducir a exposición da humanidade a tales substancias.

Que son os disruptores endocrinos? Son compostos químicos que alteran a función das hormonas e, en consecuencia, prexudican a saúde humana (e do medio ambiente). Lembremos que as hormonas son moléculas mensaxeiras fabricadas polas células das glándulas endocrinas que se desprazan ata as células do órgano diana. Alí únense a unhas proteínas receptoras, que se sitúan

ou ben nas membranas das células (insulina e adrenalina), ou ben nos núcleos celulares (esteroides e hormonas tiroideas) (Fuentes e Nadal, 2017).

Analicemos algunhas razóns polas que os compostos químicos disruptores endócrinos constitúen un grave problema sanitario mundial:

1º Non sabemos cantos disruptores endócrinos hai. Existen no mercado ao redor de cen mil substancias químicas; o problema reside no tremendo descoñecemento que temos porque nove de cada dez non se probaron. Na táboa seguinte (European Environment Agency, 2019): trato de representar o descoñecemento sobre os riscos (perigo e exposición) que representan para a saúde humana (ou do medio ambiente):

Substancias químicas

Número de substancias químicas no mercado	Coñecemento sobre riscos (perigo e exposición)
500	+++
10.000	++
20.000	+
70.000	-

No ano 2017 a Unión Europea catalogou máis de catrocentos disruptores endócrinos ou posibles disruptores endócrinos. Son ubicuos e estamos expostos continuamente a eles porque están no noso fogar, no noso lugar de traballo, nos nosos vestidos, na nosa comida, na auga que bebemos, no aire que respiramos. Moitos son persistentes e acumúlanse nas graxas dos alimentos que comemos: as dioxinas, os bifenilos policlorados, os retardadores de chama polibromados, os compostos orgánicos perfluorados, os praguicidas organoclorados e organofosforados. Outros - os ftalatos e bisfenois (Patisaul, 2010) -non se acumulan, pero é tan elevada a exposición a eles que se detectaron nos ouriños da maioría dos cidadáns e no leite das mulleres lactantes (Olea, 2019). No cadro seguinte (Olea, 2019) aparece unha pequena mostra de disruptores endócrinos, onde se atopan e a hormona que afectan.

Disruptores endócrinos

Composto químico	Hormona afectada	Onde achalo
Bifenilos policlorados	Hormonas tiroides	Graxa dos alimentos procedentes de animais (provén de equipos eléctricos industriais)

Disruptores endócrinos

Composto químico	Hormona afectada	Onde achalo
Dioxinas	Hormonas tiroides	Graxa dos alimentos procedentes de animais (producido por combustións de plásticos e compostos clorados)
Pirorretardadores orgánicos polibromados (éteres de difenilos polibromados) e organofosforados	Hormonas tiroides, estróxenos	Ordenadores, mobles, roupa, materiais electrónicos
Compostos orgánicos perfluorados (PFOS, PFOA)	Hormonas tiroides, testosterona	Envases, tixolas, envoltorios, tecidos
Praguicidas organoclorados e organofosforados: clorpirifós, mancozeb...	Estróxenos, testosterona	Insecticidas, funxicidas, herbicidas
Ftalatos	Estróxenos	Cosméticos, plásticos, perfumes, ambientadores
Bisfenois	Hormonas tiroides, estróxenos	Bidóns de auga potable, recubrimento de latas de conserva, material de oficina, DVD, xoguets
Parabenos	Estróxenos	Cosméticos, desodorizantes
Benzofenonas, oxicinamatos, canfeno	Estróxenos (oxicinamatos tamén hormonas tiroides)	Protectores solares con filtros ultravioleta
Triclosán	Hormonas tiroides, estróxenos	Dentífricos, xabóns, deterxentes
Alquilfenois (nonilfenol)	Estróxenos	Cosméticos, tinguiduras, preservativos, pinturas, calzado, roupa

2º Os organismos reguladores oficiais están anticuados; subestimaron o risco da exposición aos disruptores endócrinos, entre outras razóns porque ignoramos como nos afectan as mesturas de disruptores endócrinos (Bergman, Heindel, Jobling, Kidd e Zoeller, 2012). Nada sabemos -nada!- do efecto cóctel (mestura de disruptores endócrinos), aínda que sospeitamos que o efecto dalgúns disruptores endócrinos pode sumarse.

3º O método da toxicoloxía tradicional é inadecuado. O comportamento dos disruptores endócrinos parécese ao das hormonas, non se parece ao dos venenos e tóxicos habituais, é dicir, o efecto pode non aumentar coa dose: a doses pequenas e grandes o efecto pode ser grande (ou pequeno) e a doses intermedias o efecto pode ser pequeno (ou grande). Mesmo pode suceder que o disruptor sexa inactivo a concentracións intermedias e só actúe en concentracións pequenas e grandes. Non podemos extrapolar ou interpolar sen facer comprobacións: non existen límites seguros. Un exemplo: doses altas do tamoxifeno -disruptor endócrino- reducen o cancro; con todo, o tumor crece a doses baixas. Aínda por riba, os efectos dos disruptores dependen de moitas variables, entre elas a idade do individuo, porque existen etapas -mil primeiros días despois da fecundación- durante as cales os suxeitos son máis vulnerables á exposición (Olea, 2019).

4º Os prexuízos dos disruptores endócrinos non acaban agora, porque algúns deles poden xerar marcas epixenéticas (engadir ou subtraer metilos ou acilos ao ADN, por exemplo), que poden estenderse ata unha, dous, tres ou catro xeracións, da persoa exposta ao disruptor endócrino, co consecuente prexuízo para a saúde dos descendentes; un disruptor endócrino pode afectar os fillos, netos e bisnetos dun feto exposto ao disruptor endócrino (Olea, 2019).

5. O principio de precaución

Comprobouse repetidas veces que produtos químicos beneficiosos a priori, como moitos praguicidas, o asbesto, o bisfenol, a talidomida, o dietilestilbestrol ou os compostos clorofluorcarbonados, a posteriori demostrouse que causaban graves danos: a comercialización precedera á avaliación da súa toxicidade. A presunción de que os produtos químicos son seguros ata que se demostre o contrario é un problema fundamental que afecta á saúde humana e á saúde ambiental contemporáneas.

O principio de precaución consiste en actuar baixo ameaza de perigo para a saúde humana ou do medio ambiente, antes de que existan probas concluíntes. Quen protexe a saúde pública e o medio ambiente de actividades potencialmente daniñas traballan a miúdo en incerteza ou ignorancia científica; en tales circunstancias o principio de precaución resulta útil para previr efectos; particularmente cando non é ético esperar a probas concluíntes se hai risco de mortes, enfermidade ou dor humanos. En tales casos debe valorarse tanto o custo como os beneficios esperables da pasividade ou da equivocación; e diferenciar a probabilidade da certeza (Gee e Guedes Vaz, 2001). Si, resulta difícil facelo, sobre todo cando os impactos ocorrerán no futuro afastado e o custo de evitalo é inmediato. O segundo informe (do ano 2013) da Axencia Europea do Medio Ambiente, xa citado (Gee et al., 2013), achega argumentos sobre o tema: unha alarma previa, sen certeza, pode resultar errada. En tal caso o prexuízo económico resulta considerable. É frecuente este xuízo errado? Analizáronse oitenta e oito casos de posibles falsas alarmas: só catro resultaron falsas. Valore o axuizado lector o custo da pasividade ante o risco de dano.

O principio de precaución é unha resposta a un perigo percibido pola sociedade: o poder innovador da ciencia supera cada vez máis a súa capacidade para anticipar as consecuencias; asunto negado frecuentemente pola comunidade científica. Non é, en absoluto, anticientífico expor as consecuencias posibles das novas tecnoloxías ou das novas substancias químicas sintéticas; poderíase dicir que é anticientífico ignoralas, porque nada hai científico en simular coñecemento, pretensión que socava a credibilidade da ciencia, o método máis poderoso de

adquirir coñecemento certo. Comprobase que o público profano distingue a incerteza (impacto coñecido e probabilidade descoñecida) da ignorancia (impacto e probabilidade descoñecidos); e preocúpase sobre todo das posibles consecuencias da ignorancia. Con todo, a resposta científica é intensificar a investigación sobre as incertezas coñecidas, coa intención de mostrar coñecemento e testemuñar que a preocupación polos riscos é infundada; este enfoque alimenta a desconfianza do público ao mostrar que nega a ignorancia (ignorancia que se esconde mesmo na mellor ciencia) algo que o público parece comprender mellor que os propios científicos. Nas discusións entre científicos, acéptase que a proba científica é complexa e provisional; con todo, algúns sectores científicos proporcionan ao público respostas simples e certezas. A ciencia debe afrontar a ignorancia e recoñecer que a ignorancia é unha fonte de sabedoría: porque unha interpretación errónea de certeza de ausencia de danos atrasa as medidas preventivas. Nada hai de científico en finxir coñecemento cando hai ignorancia; porque tal recoñecemento obriga a máis investigación para identificar os impactos prexudiciais, non intencionados, das actividades humanas. Algúns científicos temen que a prudencia para previr os riscos subestime a ciencia ou free a innovación, consideran que a cautela condescende co populismo anticientífico. Erran! O principio de precaución nada ten que ver coa anticincia, senón co rexeitamento dunha ciencia acrítica incapaz de recoñecer a ignorancia. Podemos e debemos comprender os sistemas biolóxicos complexos e atender a saúde humana. O uso do principio de cautela fomenta a innovación e a ciencia, porque substitúe as tecnoloxías obsoletas e a ciencia simple do século XIX, polas tecnoloxías sostibles e a ciencia de sistemas complexos do século XXI. (Gee e Guedes Vaz, 2001).

A táboa seguinte acláranos termos (Gee e Guedes Vaz, 2001):

Coñecementos e precaución

	Coñecementos	Exemplos de precaución
Risco	Impactos coñecidos, probabilidades coñecidas: asbestos causantes de enfermidades e cancro	Eliminar a exposición a po de asbestos
Incerteza	Impactos coñecidos, probabilidades descoñecidas: antibióticos en alimentación animal asociados con resistencia humana aos antibióticos	Eliminar ou reducir a exposición humana aos antibióticos da alimentación animal
Ignorancia	Impactos descoñecidos, probabilidades descoñecidas: dano á capa de ozono dos clorofluorcarbonos (CFCs) antes de 1974	Usar as propiedades das substancias químicas, tales como persistencia ou bioacumulación, para predicir o dano potencial. Tomar datos durante longo tempo.

Menciono algúns dos moitos obstáculos que se opoñen á aplicación do principio de precaución: a actuación a curto prazo dos gobernantes; a natureza conservadora da ciencia; o feito de que as decisións sobre a innovación as tomen quen ten intereses bastardos; o poder dalgúns accionistas e empresarios. (Gee e Guedes Vaz, 2001).

Cito algúns exemplos para que o prudente lector aprecie as dificultades: as autoridades sanitarias deben alertar aos nenos e mulleres embarazadas para que non inxiran un alimento (peixe con

mercurio, por exemplo) ou unha bebida alcohólica (o alcol é neurotóxico), se o consello pon en perigo intereses comerciais?

O Comité Científico da Axencia Española de Seguridade Alimentaria e Nutrición (Comité Científico AESAN, 2023) achou evidencias de que algúns compostos químicos como “os bisfenois e os ftalatos, compostos organoestánicos, retardadores de chama, compostos perfluorados, bifenilos policlorados e dioxinas, praguicidas e metais”, que poden estar presentes nos alimentos, son obesóxenos. A Organización Mundial da Saúde declarou que a obesidade é unha epidemia mundial; e España non é allea ao problema pois o número de obesos, sobre todo infantes, é elevado, e ao longo do século XXI aumentou o número e a proporción dos afectados. Os expertos centráronse en mellorar os hábitos alimentarios e aumentar a actividade física da poboación para reducir a obesidade: fracasaron; o rápido aumento desta, en rexións con diferentes costumes dietéticos e patróns de actividade física, indícanos a probable existencia de factores ambientais, como a exposición a substancias químicas obesóxenas. Coñecemos os seus mecanismos de acción: os obesóxenos activan ou inhiben os receptores hormonais -de estróxenos, andróxenos e hormonas tiroides- que regulan a expresión de xenes involucrados no peso corporal; e interveñen en vías metabólicas que repercuten na inmunidade. Que recomenda o Comité Científico da Axencia Española de Seguridade Alimentaria e Nutrición? “Realizar un maior número de estudos... Unha vez que se conte con todas as evidencias... reducir o máximo posible a exposición a estas substancias”. Aplica o Comité Científico o principio de precaución?

Conscientes do problema, os dirixentes europeos incluíron o principio de precaución no Tratado de Funcionamento da Unión Europea (ano 2000): “O principio de precaución é un enfoque da xestión do risco, segundo o cal, no caso de que unha determinada política ou acción puidese causar danos ás persoas ou ao medio ambiente e non existise consenso científico respecto diso, a política ou acción en cuestión debería abandonarse.” (artigo 191). Se os gobernos adoptasen a prevención cando se coñeceron as primeiras advertencias sobre os compostos químicos tóxicos evitaríanse parte das traxedias ocorridas no século XX que comentamos.

6. Conclusións

1. Ao longo de todo o século XX demostrouse, en numerosos casos de prexuízos á saúde humana e do medio ambiente, que a acción dos produtos químicos é máis complexa do que se pensaba.
2. Todos os produtos químicos, tanto os que se usan agora como os novos, deben someterse a probas que demostren a súa salubridade.
3. Para protexer a saúde humana debe aplicarse o principio de precaución; e ensinárase en todos os niveis educativos: desde primaria ata secundaria e universidade.
4. Non se aplica o principio de precaución ante a exposición actual aos compostos químicos neurotóxicos que afectan ao desenvolvemento do sistema nervioso humano.
5. Non se aplica o principio de precaución ante a exposición actual aos compostos químicos que, por ser disruptores endocrinos, afectan á saúde humana.

7. Epílogo

Aplican o principio de precaución os directores e secretarios dos institutos e colexios galegos na elección dos produtos de limpeza e ambientadores dos seus centros? Aplican o principio de precaución os directores e secretarios dos institutos e colexios galegos na elección dos alimentos e bebidas que se serven nos comedores dos seus centros? Aplican o principio de precaución os

directores e secretarios dos institutos e colexios galegos ao autorizar os alimentos que se venden nos seus centros? Ou talvez é mellor que da saúde do alumnado se preocupen outros.

Se cres que o principio de precaución, ademais de aplicalo as autoridades sanitarias, débelo aplicar ti, sabio lector. Se queres vivir con saúde e que a túa filla (ou o teu fillo), creza sa, desde o momento da fecundación ata converterse nunha adulta feliz e intelixente, se desexas que a túa filla (ou o teu fillo) sexa capaz de procrear netos sans, non permitas que os compostos químicos alteren o seu sistema de sinalización hormonal. (Baudry, Assmann, Touvier et al, 2018) Que queres reducir ti e a túa familia a exposición a disruptores endócrinos? Hai lugares na rede ou libros de máxima credibilidade científica onde informarte. Necesitas algún en concreto? No libro do Dr. Nicolás Olea “Libérate de tóxicos” (2019), páxinas 371-393, aparece unha Guía práctica para reducir a túa exposición a disruptores endócrinos. Se prefires unha dirección da internet: Zaragoza, cidade libre de contaminantes hormonais <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/contaminantes-hormonales.pdf>. E se estás embarazada fíxate no que aconsellan dous expertos: Philip Landrigan: “Aconsello ás mulleres embarazadas que tenten comer alimentos orgánicos porque reduce a súa exposición [aos pesticidas] nun 80 ou 90 por cento”; Philippe Grandjean ratifica o consello argumentando que é a mellor maneira de prever a exposición aos pesticidas.(The Atlantic, 2014).

8. Referencias

- Baudry, J., Assmann, K. E., Touvier, M. et al (2018). “Association of Frequency of Organic Food Consumption With Cancer Risk”. *JAMA Internal Medicine*, 178(12), 1597-1606. doi:10.1001/jamainternmed.2018.4357
- Bergman, Å., Heindel, J. J., Jobling, S., Kidd, K. A. e Zoeller, R. T. (2012). “State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals 2012. Summary for Decision-Makers”. OMS. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/78102/WHO_HSE_PHE_IHE_2013.1_eng.pdf?sequence=1
- Bertomeu Sánchez, J. R. (2018). “Los peligros del plomo en España”. *Investigación y ciencia*, 497, 62-63.
- Comité Científico AESAN (2023). (Grupo de trabajo). Rivas, A.M., Bretón, I., Díaz, A., Gil, Á., González, M. J., Moreno, V., Portillo, M. P. e Pichardo, S. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre las evidencias disponibles en relación a la potencial actividad obesogénica de determinados compuestos químicos que pueden estar presentes en los alimentos. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 37, 11-87.
- European Environment Agency (2019). “The European environment – State and outlook 2020 – Knowledge for transition to a sustainable Europe”. <https://data.europa.eu/doi/10.2800/96749>
- Fuentes, E. e Nadal, Á. (2017). “La acción oculta de los disruptores endócrinos”. *Investigación y ciencia*, 491, 50-57.
- Gascón Merlos, M. (2014). “Exposición prenatal a contaminantes y salud infantil”. *Investigación y ciencia*, 459, 8-10.
- Gee, D. e Guedes Vaz, S. (2001). “Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000”. *Environmental issues report No 22, European Environment Agency (EEA)*. <https://www-eea-europa->

eu.translate.google.com/publications/environmental_issue_report_2001_22?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc

- Gee, D. et al. (2013). "Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation". *Summary. Report No 1/2013. European Environment Agency (EEA)*. Traducción español en <https://afigranca.org/docs/Lecciones-tardias-Resumen-2015-vivosano.pdf>
- Llobat, X. G. (2021). "La construcción científica de la ignorancia." *Investigación y ciencia*, 539, 56-57.
- Olea, N. (2019). "*Libérate de tóxicos. Guía para evitar los disyuntores endocrinos*". RBA.
- Patisaul, H. (2010). "Riesgos del bisfenol A". BPA. *Investigación y ciencia*, 403, 78-88.
- Grandjean, P. e Landrigan, P. J. (2014): "Neurobehavioural effects of developmental toxicity". *The Lancet Neurology*. 13(3), 330-338. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70278-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70278-3)
- Rainhorn, J. (2018). "La tardía prohibición de la cerusa". *Investigación y ciencia*, 497, 57-63.
- Sánchez-Baio, F. e Wyckhuys, K. (2019). ¿Qué provoca el declive de los insectos? *Investigación y ciencia*, 517, 12-14.