

ARG.: Marchu Studio/Shutterstock.com

Gaur egun, 140.000 produktu kimiko industrial erabiltzen dira munduan. Gure bizimodua nabarmen errazten dute, baina ondare toxiko eta arriskutsua utzi digute ordainetan. Etorkizunerako bide garbiagoa marraztu ezean, etengabeko gatazkan izango dira industria kimikoa eta osasuna —gurea zein planetarena—. Iraganetik ikasi eta bere burua berrasmatu beharko du industria kimikoak, diseinu kimiko berritzaileen eskutik.



Industria kimikoa jasangarritasunarekin zorretan

Aitziber Agirre Ruiz de Arkaute · Elhuyar Zientzia

“Asko zor diogu industria kimikoari. Besteak beste, gaur egun dugun bizi-kalitatea. Ez gara kontziente, baina milaka eta milaka material garatu ditu guretzat: botikak eta egunerokotasunean erabiltzen ditugun material gehienak —dio Eburne González Gandara EHUko Ingeniaritza Kimikoko ikertzaileak—. Osasungintzako babes-maskararik gabe, adibidez, ezingo genioke aurre egin COVID-19aren osasun-krisiari”.

Galdera da nola garatu ditzakegun konposatu berriak gaur egungo erronka kimiko-teknologiko-farmakologiko espezifikoei erantzuteko, betiere ziurtatuz ez diogula gure osasunari kalterik egingo, ezta ekosistemen osasunari ere. Izan ere, kezka handia dago produktu kimikoen toxikotasunaz. Oraindik ere, ohikoak dira ibaietan metalak, fungizidak, intsektizidak, hormona sintetikoak, artsenikoa eta beste hainbat konposatu kimiko arriskutsu.

Edurne González Gandara
EHUko Ingeniaritza Kimikoko
ikertzailea



Halakoek basabizitzan duten inpaktuaren adibide ugari dago: metalek eta azidotasunak kalte egin diete ur gezetako arrainei eta ornogabe lurtarrei; behie diklofenako antiinflamatorioa emateak eragin du gero haien gorpuak jaten dituzten putreak masiboki hiltzea; hainbat bale-populazio murriztu egin dira, ehunetan eta esnean bifenilo polikloratuen kontzentrazio handiak izatearen ondorioz... Zerrenda amaigabea da. Eta, are larriagoa dena, merkatuan dauden produktu kimiko gehien

kasuan ez dago inolako daturik izan dezaketen toxikotasun potentzialaren inguruan. Guztietatik, % 0,2k baino ez ditu ematen ingurumenean zenbat denboraz irauten duten jakiteko datuak, eta % 11k, ur-toxikotasunari buruzko datuak.

Toxikotasunaren ebaluazio zehatza egitea garestia eta luzea da. Gainera, hain handia da industria kimikoak sortutako konposatuen dibertsitatea, ezen guztiz gainditzen baitu toxikotasuna neurtzeko

Toxizitatearen ebaluazio-prozesua luzegia dela dio hainbat ikertzailek, eta, urtero sortzen diren produktu sintetiko berrien kopuru ikaragarriak ikusita, gero eta argiago dago beharrezkoak direla toxikotasuna aurreikusteko eredu eraginkorrak. Legegileak, ordea, oso zuhurrak dira oraindik aukera horren baliagarritasunarekin. ARG.: Patrizio Martorana/Shutterstock.com.



Unax Lertxundi Etxebarria
Arabako Osasun Mentaleko
farmazialaria



Gorka Orive Arroyo
EHUko Farmazia Fakultateko
irakaslea eta ikertzailea



dugun gaitasuna. Baina gai izango al ginateke, orain arteko ezagutza guztia bilduta, produktu sintetiko berrien toxikotasuna eta arriskua aurreikusteko eredu matematiko onak sortzeko? *Science* aldizkariak hortxe kokatu du ikerketa kimikoaren etorkizuneko desafiorik handienetako bat.

Diseinu kimikoaren erronkak

Orain arte, arrisku kimikoa istripuez babesteko ekipamenduaren arabera definitu izan da. Baina, kontrol-mekanismoek huts egiten duten bakoitzean, hondamendia gertatu da, Gonzálezen ustez: "1974an, Flixborough-en (Erresuma Batuan), 50 tonako ziklohexano-isuria izan zen nylona ekoizten zuen enpresa batean. Leherketa izugarria gertatu, eta 28 langile hil ziren. Handik hamar urtera, Bhopal-en (Indian), intsektizidak sortzen zituen beste enpresa batek metil isozianatoaren isuria izan zuen. Kalkulatzen da isuri hark 2.500-4.000 hildako eta 180.000 zauritu eragin zituela. Askok ikasi dugu akatsetatik".

“Gai izango ote gara eredu matematiko onak sortu eta produktu sintetiko berrien toxikotasuna aurreikusteko?”

Orain, argi dago arriskua murrizteko estrategia ez dela oinarritu behar istripuetatik babesteko ekipamenduan; produktuen diseinuan bertan murriztu behar da toxikotasuna. Beraz, produktu edo prozesu kimikoak diseinatzen dituzten iker-tzaile-taldeek ezagutza sakona izan behar dute

produktuen arrisku fisikoez (lehergarritasuna...) eta globalez (berotegi-efektuko gasen sorrera...), bai eta toxikotasun molekularrari buruz ere. Inoiz baino beharrezkoagoa da kimika, toxikologia eta ekologia uztartzea.

"Gainera, industria kimikoko prozesu guztiek monitorizatuta egon beharko lukete. Une oro izango bagenu erreazio kimikoan gertatzen ari denari buruzko informazioa, arazoren bat gertatuz gero, denbora izango genuke istripuak ekiditeko", dio Gonzálezek.

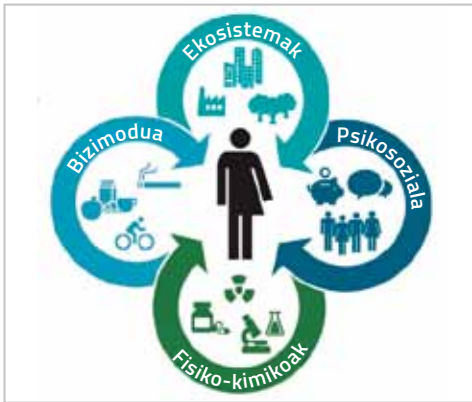
Industria zirkularizatzeko beharra

Toxikotasuna eta arriskua murriztea ez da, ordea, industria kimikoak duen erronka bakarra. Hondakin eta azpiproduktu ugari sortzen da. Produktu espezializatuetan, esaterako, azken produktua baino 5-50 aldiz azpiproduktu gehiago sortzen da; produktu farmazeutikoetan, 25-100 aldiz gehiago. Hori errotik aldatzea lortu beharko luke diseinu kimiko berdeak.

Hondakinei dagokienez, plastikoak dira adibide garbia. Gehienak erabilera bakarrekoak dira, eta garestia da haiek birziklatzea, hainbat polimeroren nahastea izateaz gain, askotan, gehigarriak izaten baitituzte: plastifikatzaileak, egonkortzaileak... "Gehiago inbertitu behar da plastikoen birziklapena ikertzeko", uste du Gonzálezek. Izan ere, produktu berriak merkaturatzeko abiadura birziklapenaren ikerketa baino azkarragoa den bitartean, arazoak beti gaindituko du konponbidea. Hondakinen kudeaketa hondakinak sortu dituen enpresaren gain uztea ote da irtenbidea?. Azkartuko al luke horrek ikerketa?.

Esposoma: gaixotasunen ekosistema kimikoa ulertu nahian

Esposoma hitza zedarritu da gure osasunean eragiten duten kanpo-faktore guztiak biltzeko: etxebizitzetan zein ingurumenean dauden gai toxikoak, jaten duguna, estresore psikosozialak, emozioak, kirol-ohiturak, klima... Horiek denek dute eragin kimikoa gorputzean, eta denek osatzen dute gaixotasunaren ekosistema, genetikarekin batera.



Genetikak argi erakutsi du informazio genetikoko hutsaz ezin ditugula ulertu ohiko gaixotasun kronikoak; genetikak baino zerikusi handiagoa dute kanpo-faktoreek. Esaterako, kalkulatu da munduko heriotzen % 16 airearen, uraren eta luraren kutsadurak eragindakoak direla. Esposomaren osagai gehienak identifikatzeke daude, ordea. Zaila izanik ere, garrantzitsua da konposatu toxikoak identifikatu eta haien ekintza-mekanismoak argitzea. Izan ere, genomaren eta esposomaren informazioa uztartuta bakarrik lortuko dugu gaixotasunak ulertzea.

Esposomaren mapaketa sistematikoa egiteko saiakera egiten hasiak dira jada zientzialariak, aprobeztatuz masa-espektrometria, sentso-reetan eta bioinformatikan egiten den aurrerapena. Baina argi adierazi dute: Giza Genoma Proiektu erraldoiaren pareko ahalegin zientifiko koordinatua egiten beharko da esposoma mugarritu nahi bada.

Bestetik, lehengai naturalen auzia ere badago mahai gainean. Gero eta handiagoa da kalitate handiko metalen eskaera industrian. Baina, era berean, oso zaila da metal horiek gero beste zer-baitetan berrerabiltzea. 2012rako, gizadiak 560 milioi tona metriko kobrea erazi zituen, eta horietatik erdia bakarrik dugu jada erabilgarri. Non galdu da beste erdia? Zer ikasi dezakete galera handi horretatik ekonomia zirkularra oinarri duten ikertzaileek?

Argi dagoena da molekulen hasierako diseinu kimikoan dagoela gakoa, hor zehazten baitira molekula bakoitzak zer ezaugarri izango dituen, haiek lortzeko zer-nolako erreakzioak bideratu beharko diren, zer kontsumo energetiko eta zer lehengai beharko den, eta zenbat hondakin sortuko duen.

Diseinu kimikoak bere burua berrasmatu beharko du, gizartea jasangarrtasunaren aldeko aldarria egiten ari den honetan. "Erronka handia da kimika berderako saltoa egitea, egia da. Baina diziplina askotako jendea gaude arazo horri aurre egiteko", dio Gonzálezek.

Industria farmazeutikoa jomugan

The Lancet aldizkari medikoak apirilean argitaratutako artikulu batek beste arazo bat mahaigaineratu du: kutsadura farmakologikoarena. Botiken bidezko tratamendu masiboek ingurumenean eta giza osasunean eragiten dituzten ondorio suntsitzaileez ohartarazi du. Unax Lertxundi Etxebarria Arabako Osasun Mentaleko farmazialaria eta Gorka Orive Arroyo EHUko Farmazia Fakultateko irakaslea dira artikuluaren egileak.

*“Diseinu kimikoak bere burua berrasmatu beharko du,
hor zehazten baita molekulek izango duten toxizitatea”*

“Botika bat hartzen dugunean, parte bat xurgatu eta erabili egiten du gure organismoak, baina beste parte handi bat gernuaren eta gorotzen bidez kanporatzen dugu —dio Lertxundik—. Araztegiak ez daude prestatuta botikak desagerrarazteko, eta, azkenean, ibaietan amaitzen dute”. Hala, 3.000 printzipio aktibo baino gehiago aurkitu daitezke ingurumenean barreiatuta, hala nola aktibitate tiroidea, kardiobaskularra, antiepileptikoa, antibiotikoa, antidepressiboa, antiinflamatorioa zein bestelakoak dituztenak. “Kontzentrazio oso baxuak direla pentsa dezakegu, baina botikak diseinatzen dira oso kontzentrazio baxuetan izan dezaten era-

gin farmakologikoa. Hortaz, ondorioak larriak dira —argitu du Lertxundik—. Hasteko, antibiotikoe-kiko bakterio erresistenteak sortzen dira, eta horrek ospitaletara ekartzen du arazoa bueltan, gero antibiotiko horiek ez baitira eraginkorrak gaixoak sendatzeko”.

Antidepressiboak, antiinflamatorioak eta abar basabizitzan

Arazoak dimentsio handiagoa du, ordea. Ekosistema basatietan eragiten dituen arazoak ikusi besterik ez dago. “Kontuan izan behar dugu gizakiok ditugun hormona, entzima eta neurotransmisore



Lur-zizareek eta intsektuek lurretik eta ibaietatik xurgatzen dituzte botikak, eta, gero, hegazti eta ugaztunetarako bektore gisa jokatzen dute. Hala, kate trofiko osoak pairatzen ditu kutsadura farmakologikoaren ondorioak.. ARG.: Gerhard Gellinger/Pixabay.

“Gizakiek botiken bidez hartutako antidepresibo-kontzentrazioaren erdia jasotzen dute ornitorrinkoek egunero ibaietatik”

gehienak badituztela beste animaliek ere; hortaz, haiengan ere eragiten dute botikek —dio Lertxundik—. Adibidez, fluoxetinak (Prozac® antidepresiboak) ibaietan amaitzen duenez, ibaietako intsektularbek xurgatzen dute. Metatu egiten dute, gainera, eta, ondorioz, intsektuok jaten dituzten animaliek ugaltzeko arazoak izaten dituzte gero. Australiako ikerketa batean ikusi dute ornitorrinkoek, intsektiboroak izanik, gizakiek hartzen duten antidepresibo-kontzentrazioaren erdia jasotzen dutela elikagaien bidez, egunero, ibaietatik”.

Behiei ibermektina antiparasitarioa ematen dietenean ere, azkenean, gorotzekin lurrera iritsi eta lurreko kakalardoak hiltzen ditu. Ondorioz, kakalardoek ez dituzte gorotzak metabolizatzen, eta lurra pairatzen ditu arazoak. Lertxundik ospitale psikiatriko batean egiten du lan: “Asistentzia sanitarioan jarduten dugunok ez dugu segundo bat bera ere pasatzen kutsadura farmakologikoaren inguruan pentsatzen. Medikamentua ez da desagertzen gure gorputzetik kanporatzen dugunean, baina hala baltz bezala jokaten dugu profesional sanitariook, botikak errezetatzen ditugunean”.

“Gainera —zehaztu du Orivek—, kontuan hartu behar dugu botika batzuek zenbait ordu ematen dutela gure gorputzean, baina 40 urtez iraun dezaketela ingurumenean”. Arazoaren dimentsioa ikusita, biek uste dute gizarteak heldu beharreko gaia dela kutsadura farmakologikoa. “Duela 20 urte automobilen industriari petrolioa alde batera utzi eta elektrifikazioa garatzeko eskatu zitzaion bezala, gaur egun, industria farmazeutikoari eskatu behar diogu ekofarmakologiarako bidea has dezala —dio Orivek—. Farmakologiako ikertzaileok botikak

diseinatu behar ditugu sendagai gisa eraginkorrak izateko, baina, era berean, biodegradatu daitezen ingurumenera iristen direnerako”.

“Bestetik, araztegieta ura garbitzeko teknologia hobetu behar dugu, botikak ez daitezen ingurumenera iritsi”, uste du Orivek. Dagoeneko garatu dira hondakin-uretatik ia konposatu organiko guztiak kendu eta kutsadura farmakologikoa murrizteko gai diren tratamenduak; garestiak dira, ordea. Suitzak eman du pausu hori: 1.000 milioi euro gastatu ditu araztegieta ozonazioa eta bestelako tratamendu batzuk ezartzen.

Legedia atzetik

Begirada legedian dago jarria orain. 2007an, REACH araudia ezarri zen Europan, eta, harekin, substantzia oso arriskutsuak debekatu, eta erabiltzen ziren substantziak modu seguruan nola erabiliko ziren adieraztera behartu zuen industria. Orain, adituek uste dute legeen eskutik bakarrik etorriko dela industria kimikoak eta farmazeutikoak egin behar duten egokitze hori ere. “Legediak ezarri beharko luke, merkaturatu aurretik, zorrotz aztertu beharra farmako berriek ingurumenean zer inpaktu eragin dezaketen”, dio Orivek. “Ez badira legeak ezartzen, ez dira neurriak hartzen —dio Gonzálezek—. Legediak bultzatu behar du industria prozesu ja-sangarriagoetara mugitzera”. ●