

# ELS PESTICIDES I EL MEDI AMBIENT

ROGER PALAU

FRANCISCO J. ESPAÑA

Departament d'Enginyeria  
Química i Metal·lúrgia. UB.

**E**LS pesticides són els agents més freqüentment utilitzats contra les diferents plagues que afecten la productivitat agrícola. Per la seva gran utilització, constitueixen un important grup de contaminants orgànics presents en les aigües. En aquest article s'intenta exposar els diferents tipus de pesticides, la seva classificació, contaminació i toxicitat així com fer una primera aproximació als processos d'oxidació avançada per al tractament d'aigües.

---

## 1. INTRODUCCIÓ

---

En diferents èpoques de la història, s'han produït grans calamitats biològiques que han afectat diferents països on l'activitat

agrícola constituïa la font principal de recursos de la població. Aquest fet provocava efectes econòmics i socials devastadors, alhora que augmentava i afavoria el creixement de malalties. Des de l'antiguetat es coneixien les propietats d'alguns productes per repel·lir les plagues i les malalties de les plantes.

*A partir de la segona meitat del segle passat, la introducció de compostos químics artificials per combatre l'acció de les plagues naturals, va revolucionar l'agricultura.*

A partir de la segona meitat del segle passat, la introducció de compostos químics artificials per combatre l'acció de les plagues naturals, va revolucionar l'agricultura. Des d'aleshores, es preparen i s'utilitzen un gran nombre de pesticides, alguns d'ells molt complexos, que permeten augmentar considerablement la productivitat agrícola.

Avui dia s'utilitzen a l'agricultura i per a molts altres propòsits, com per exemple, la protecció de la salut humana i d'animals, el control de plagues en el medi forestal i aquàtic, la protecció d'edificis i d'altres estructures, etc.

---

## 2. PESTICIDES

---

Els pesticides són els compostos o la barreja de compostos que s'apliquen sobre un

terreny agrícola per destruir, prevenir o limitar l'acció dels fongs, els insectes, les herbes i, en general, les plantes, els animals o els microorganismes que podrien afectar el desenvolupament, el rendiment o la conservació dels productes alimentaris que es conreen.

Encara que els beneficis que s'obtenen amb l'ús dels pesticides són nombrosos, la difusió a nivell mundial de quantitats cada cop més grans d'aquests compostos, ha creat tota una sèrie de problemes que afecten el medi ambient i la salut humana.

Atès que els pesticides s'han creat per destruir algunes formes de vida, els efectes secundaris que poden provocar sobre altres organismes poden ser perillosos. A més, l'acumulació d'aquests compostos, més o menys persistents al medi ambient (aire, aigua i sòl) i l'augment de la seva concentració local poden provocar interaccions químiques amb altres compostos del medi, cosa que té com a resultat la formació de subproductes que a vegades poden ser més tòxics que els compostos de partida.

La importància econòmica del mercat dels pesticides pot veure's a la figura 1, on es mostra la distribució del consum d'aquests productes a les diferents àrees geogràfiques.

**FIGURA 1**  
Consum mundial de pesticides (any 1986)

Àrea	Cost de la producció en milions \$ USA	%
Amèrica del Nord	4.524	26
Europa Occidental	4.350	25
Àsia	3.828	22
Europa Oriental	1.740	10
Amèrica del Sud	1.566	9
Altres regions	1.392	8
<i>Total</i>	<i>17.400</i>	<i>100</i>

Encara que el paper dels pesticides a l'economia mundial és important, el seu ús requereix molt control, ja que només un percentatge molt baix del compost compleix el seu objectiu. Així doncs, és fonamental el coneixement dels mecanismes d'aplicació, transport, degradació, acumulació i persistència dels pesticides a l'ambient.

### 3. CLASSIFICACIÓ DELS PESTICIDES

Els pesticides es classifiquen en tres grans grups segons la plaga sobre la qual actuen: insecticides, fungicides i herbicides. També existeixen altres grups com els acaricides, raticides, etc.

- Insecticides: substàncies que actuen sobre el sistema respiratori, digestiu o per contacte amb la cutícula i provoquen l'enverinament dels insectes. També s'utilitzen com repel·lents o atraients d'insectes.
- Fungicides: productes químics utilitzats per lluitar contra les diferents espècies de fongs que ataquen els conreus. També són utilitzats per conservar pells, teixits, paper, productes cosmètics i qualsevol producte que pugui ser atacat pels fongs.
- Herbicides: substàncies químiques capaces de matar les plantes que redueixen el rendiment dels conreus competint amb elles per la llum solar, l'aigua i els nutrients del sòl.

### 4. CONTAMINACIÓ PER PESTICIDES

La contaminació per pesticides pot esdevenir-se a l'aire, al sòl, a l'aigua i a la biosfera. Les vies de contaminació depenen molt de les condicions locals i poden variar d'un lloc a un altre.

La contaminació a l'aire presenta importància especial quan es tracta d'aplicacions per medis aeris. La gran extensió tractada i la petita mida de la partícula contribueixen a l'arrossegament per l'aire a zones veïnes, conreades o no, situades fora de l'àrea de tractament. Part del producte aplicat sobre un conreu pot quedar retingut o immovilitzat al sòl, així com aquells pesticides que provenen de tractaments llunyans transportats pel vent.

La interacció del pesticida amb el medi aquàtic és força complexa, i depèn d'una combinació de processos físics, químics i biològics. Pot dissoldre's en aigua, mantenir-se en suspensió, adsorbir-se o acumular-se en organismes vius.

## 5. TOXICITAT

Els pesticides són tòxics per als éssers humans per via oral, per inhalació i per contacte per la pell. El grau de toxicitat depèn de les característiques, la quantitat i la durada de l'exposició o temps de contacte de cada pesticida.

- Toxicitat oral aguda: s'expressa en termes de dosi letal mitja (LD-50) i significa la quantitat necessària, ingerida d'un sol cop, per produir la mort del 50 % dels animals d'assaig. Aquesta dosi s'expressa normalment en mil·ligrams de pesticida per kilogram de pes de l'animal. Com més baix és el valor d'LD-50, més gran és la toxicitat.
- Toxicitat dèrmica: es refereix al risc del contacte i l'absorció del pesticida per la pell.

- Toxicitat crònica: a través de dietes alimentàries preparades amb dosis variades del tòxic, es determinen els nivells de perill de cada pesticida mitjançant l'administració continuada al llarg del temps.

La toxicitat en els peixos no s'expressa en termes d'LD-50 sinó d'LC-50, és a dir, la concentració letal necessària a l'aigua per provocar la mort del 50 % del peixos de l'estudi en un temps determinat. S'expressa en termes de mil·ligrams de pesticida per litre. Com més petit és el valor d'LC-50, més gran és la toxicitat. A la figura 2 es presenta el valor d'LD-50 oral agut per a rates, LD-50 dèrmica per a conills i LC-50 per a la truita de riu en 48-96 h per diferents pesticides.

***Els pesticides són tòxics per als éssers humans per via oral, per inhalació i per contacte per la pell.***

Producte	LD-50 (mg/kg)	LD-50 (mg/kg)	LC-50 (mg/L)
Alaclor	1200	>2000	2,3
Aldrin	67	>200	0,019
Atrazina	3080	7500	12,6
2,4-D	375	1500	
Diazinon	100-150	900	0,03
DDT	115-220	2510 (rata)	0,002
Dieldrin	46	70	0,003
Linuron	1500	provoca irritació	16
MCPA	1000	>1000	232
Paracuat	155-203	>1050	400
Picloram	8200	>4000	2,5
Ziram	1400	provoca irritació	1

Atesa la possible perillositat per a l'home, la fauna i els conreus, existeix una sèrie de disposicions que regulen l'ús dels pesticides. Els usuaris són els responsables de la manipulació i aplicació correctes dels pesticides. La primera lletra que apareix a les etiquetes dels productes fa referència al nivell de toxicitat per a l'home i als animals domèstics.

<b>A</b>	Toxicitat baixa
<b>B</b>	Toxicitat moderada
<b>C</b>	Toxicitat elevada
<b>D</b>	Altament perillós

Els dos primers grups (A i B) depenen de les limitacions generals d'ús d'aquests productes. Els pesticides inclosos a la tercera categoria s'han d'utilitzar amb molta precaució mentre que els del quart grup només els poden manipular empreses especialment autoritzades o usuaris que hagin superat un curs específic de capacitació.

Cada pesticida només pot ser utilitzat per a uns conreus concrets, amb unes dosis i dates d'aplicació determinades. A la figura 4 es presenten les concentracions màximes dels principals pesticides permeses en aigua potable segons la Unió Europea (UE) i la Organització Mundial de la Salut (OMS).

FIGURA 4

Compost	Limit OMS (mg/L)	Límit UE (mg/L)
Alaclor	0,0003	0,0001
Aldrina/dieldrina	0,00003	0,0001
Atrazina	0,002	0,0001
Bentazone	0,025	0,0001
2,4-D	0,1	0,0001
DDT	0,001	0,0001
Lindane	0,003	0,0001
MCPA	0,0005	0,0001

## 6. PROCESSOS D'OXIDACIÓ AVANÇADA PER AL TRACTAMENT D'AIGÜES

El mètode de tractament d'aigües residuals per eliminar contaminants orgànics més utilitzat i econòmic és el tractament biològic. El principal problema d'aquest tractament és la seva ineficàcia davant de certs compostos sintètics no biodegradables (pesticides...).

Els processos d'oxidació avançada són capaços de degradar aquest tipus de contaminants resistents als tractaments químics convencionals, i aconseguir una disminució de la DQO i un augment en la biodegradabilitat de les aigües tractades.

Els processos d'oxidació avançada per al tractament d'aigües estan basats en la for-

mació de radicals hidroxil (OH<sup>·</sup>), partícules amb un gran poder oxidant, capaces d'atacar i descompondre amb major o menor facilitat els diferents compostos aromàtics.

Els principals processos d'oxidació avançada són els següents:

- oxidació amb aire humit
- oxidació electroquímica
- oxidació supercrítica de l'aigua
- oxidació amb ozó i peròxid d'hidrogen
- reacció fenton
- reaccions fotoquímiques

Les seves característiques més importants són:

- capacitat potencial per dur a terme la mineralització dels contaminants orgànics fins a CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O
- els radicals hidroxil no són selectius
- són efectius amb la majoria de compostos orgànics

### ■ Oxidació amb aire humit

La solució que conté el contaminant orgànic es barreja amb aire (o oxigen) a baixa pressió en un reactor a temperatures entre 175 i 325 °C. L'oxidació té lloc en un sistema heterogeni (gas-líquid) i es descomposa en els passos següents:

- transferència de l'oxigen des de la fase gas fins a la interfase gas-líquid
- transferència de l'oxigen dissolt de la interfase gas-líquid fins a la dissolució
- reacció química entre l'oxigen dissolt i el contaminant

Sota condicions més febles, l'oxidació no és total.

### ■ Oxidació electroquímica

En una reacció electroquímica es produeix a la vegada una transferència electrò-

*Els processos d'oxidació avançada són capaços de degradar aquest tipus de contaminants resistents als tractaments químics convencionals, i aconseguir una disminució de la DQO i un augment en la biodegradabilitat de les aigües tractades.*

nica des d'un electrode (càtode) a una espècie en dissolució i una transferència electrònica des d'una espècie en dissolució a l'altre electrode (ànode). La reacció d'oxidació es produeix a l'ànode i la reacció de reducció, al càtode. Les transferències electròniques poden ser directes o indirectes.

Els principals avantatges del tractament electroquímic són els següents:

- l'electró pot ser utilitzat com a oxidant i com a reductor. És un reactiu net
- té un baix impacte ambiental

Mentre que els principals inconvenients són:

- el tractament electroquímic és un procés car en comparació amb d'altres
- el mecanisme en aigua és força complex
- l'efluent ha de ser conductor
- s'ha de tenir en compte la reacció del dissolvent, aigua en la majoria del casos, ja que es troba en una concentració molt més elevada que el contaminant

### ■ Oxidació supercrítica de l'aigua

Es tracta d'una tècnica innovadora per a la destrucció ràpida de contaminants orgànics sense la formació de productes tòxics. L'aigua pura és considerada supercrítica si la seva temperatura supera els 374,2 °C i la seva pressió supera els 221 bar. En aquest punt, el volum és tres cops més gran que a temperatura ambient, amb una densitat de 0,322 g/mL i una constant dielèctrica de només 5,3. Aquesta aigua pot dissoldre molts components orgànics i gasos com l'oxigen, ja que actua com un gas dens amb la solvació característica d'un compost orgànic no polar.

### ■ Oxidació amb ozó i peròxid d'hidrogen

L'ozó és un gran oxidant de contaminants en aigües industrials; reacciona amb la matèria orgànica de l'aigua per dues vies: directament o mitjançant la formació de radicals derivats de l'oxigen que actuen com a oxidants secundaris. El peròxid d'hidrogen s'utilitza també pel seu elevat po-

tencial de reducció. A vegades, el tractament amb peròxid d'hidrogen es combina amb el d'ozó.

### ■ Reacció Fenton

Una de les formes més utilitzades per a la formació de radicals hidroxil és la reacció de Fenton. Aquest reactiu és una barreja entre peròxid d'hidrogen i una sal de ferro (II) que Fenton va descriure per primer cop. Els productes de la reacció són ions ferro (III), ions radicals hidroxil.

### ■ Reaccions fotoquímiques

Aquesta tècnica es basa en la irradiació de compostos amb llum ultraviolada. Això fa que es descomponguin i produeixin en certs casos substàncies menys tòxiques i menys perilloses per al medi ambient que els compostos de partida.

La fotodescomposició es basa en què la llum absorbida pot proporcionar l'energia necessària per trencar enllaços. Existeixen unes substàncies, abundants en els medis aquosos naturals, que són capaces d'absorbir energia.

## 7. BIBLIOGRAFIA

BARBERÀ, CLAUDIO. *Pesticidas agrícolas*. Editorial Omega.

DÍAZ ALVAREZ, M<sup>a</sup> CRUZ. *Contaminación agrícola difusa*. MOPU.

Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca. (1987). *Guia d'Herbicides i Fitorreguladors*. Generalitat de Catalunya.

PRAMAURO, EDMONDO. (1990). *Els pesticides i el medi ambient*. Universitat de Valencia. Servei de publicacions.

PROUSEK, J. (1996). «Advance oxidation processes for water treatment. Chemical processes». *Chem. Listy*, 90, 229-237.

SÁNCHEZ, GASPAR. (1995). «Tecnología electroquímica para tratamiento de efluentes industriales». *Ingeniería química*. Noviembre, 113-122.