

Tractament d'aigües residuals

Nous **reptes** i **solucions** tecnològiques

Roger Sanchis Gual

Institute for Robotics and Intelligent Systems, ETH - Zurich (Suïssa)

Miriam Verdejo Arrué

IES Andreu Alfaro

La contaminació ambiental és un dels reptes més greus i urgents als quals s'enfronta la societat actual. Aquest problema global té repercussions directes tant en la salut humana com en l'equilibri dels ecosistemes. En particular, la contaminació dels recursos hídrics ha anat augmentant de manera preocupant durant les últimes dècades, per la presència de compostos perillosos que posen en risc la qualitat de l'aigua.

Un exemple destacat n'és la presència de contaminants orgànics, com ara pesticides i productes químics industrials, que han estat detectats en masses d'aigua emblemàtiques d'Espanya, com el Delta de l'Ebre, el llac de l'Albufera, o la conca del Xúquer (Figura 1). Aquests compostos, coneguts per la seua resistència a la degradació mitjançant processos convencionals, s'acumulen en els ecosistemes i provoquen efectes devastadors a llarg termini. La seua capacitat de bioacumulació comporta greus conseqüències per a la fauna i flora, així com per a les persones que depenen d'aquests recursos.



Figura 1. Contaminació a un punt de la conca del Xúquer. Font: Levante-EMV

Aleshores, aquesta situació exigeix la implementació de solucions innovadores i sostenibles que permeten eliminar aquests contaminants de manera eficient, prevenint la seua incorporació als cicles naturals. A més a més, aquestes alternatives han de poder integrar-se en el procés de depuració d'aigües residuals. D'aquesta manera, la combinació de tecnologies convencionals amb nous mètodes de tractament permet abordar de manera més efectiva la presència de substàncies químiques resistents. Per comprendre millor com es poden dur a terme en la pràctica, cal examinar com es realitza actualment el tractament de les aigües residuals.

El tractament d'aigües residuals a Espanya es realitza principalment a Estacions Depuradores d'Aigües Residuals (Figura 2) i es desenvolupa en diverses etapes, cadascuna d'elles amb objectius específics per a garantir la qualitat de l'aigua tractada.



Figura 2. Depuradora de Pinedo (València). Font: Aguas de Valencia.

Tractament previ (pretractament): té l'objectiu d'eliminar elements sòlids grans i materials que podrien danyar els equips de la planta. Comença amb processos clau com el tamisat, que reté materials com plàstics i fustes quan es fa passar l'aigua per reixes; seguits per les etapes de desarenament i desgreditge per eliminar sorres, olis i greixos.

Tractament primari: es realitza per eliminar la matèria en suspensió més xicoteta i les partícules sedimentables. Aquest procediment es realitza mitjançant la decantació primària, on l'aigua es deixa reposar perquè les partícules sedimentables es dipositen al fons i els greixos flotants es retiren de la superfície. Cal destacar que els fangs generats han de ser tractats per minimitzar el seu impacte ambiental mitjançant la deshidratació, tècnica que permet reduir el contingut d'aigua dels fangs, o bé amb processos com el compostatge o la incineració que permeten reutilitzar-los com a fertilitzant.

Tractament secundari: té com a objectiu eliminar la matèria orgànica dissolta i les partícules fines mitjançant processos biològics. En aquesta etapa s'utilitzen microorganismes i es realitza en reactors biològics, com són els sistemes de fangs activats o els biofiltres. Posteriorment, l'aigua tractada passa per un sedimentador secundari, on els flocs formats pels microorganismes es separen per gravetat per obtenir-ne una aigua depurada que pot ser sotmesa a tractaments posteriors, si cal.

Tractament terciari, o avançat: es duu a terme per eliminar contaminants residuals que no han estat eliminats en les fases anteriors i preparar l'aigua per a usos específics, com el reciclatge o l'abocament. Es fa servir la desinfecció per a eliminar patògens mitjançant processos químics, i la filtració avançada, que utilitza membranes molt menudes per a retenir microcontaminants. En aquesta etapa, per eliminar compostos orgànics molt resistents, com els pesticides, s'estan desenvolupant noves tecnologies avançades. Algunes d'aquestes inclouen l'oxidació avançada, un procés químic que utilitza agents oxidants potents, com les espècies reactives d'oxigen, per a descompondre contaminants orgànics complexos i convertir-los en substàncies més simples i menys tòxiques.

Les espècies reactives d'oxigen són molècules molt reactives que inclouen el radical hidroxil ($\cdot\text{OH}$), el superòxid ($\cdot\text{O}_2^-$) i el peròxid d'hidrogen (H_2O_2). De fet, aquests compostos d'oxigen són similars als radicals lliures que es formen de manera natural al nostre organisme. Aquests radicals participen en processos metabòlics, però, si no es controlen adequadament, poden danyar les cèl·lules. Gràcies al seu elevat poder oxidant, poden trencar enllaços químics forts, permetent la degradació de contaminants persistents, com els pesticides organoclorats, colorants industrials i disruptors endocrins. En condicions adequades, aquest procés pot conduir a la mineralització completa dels compostos orgànics, transformant-los per exemple en diòxid de carboni (CO_2), clorurs (Cl^-) i aigua (H_2O) i eliminant així la seua toxicitat de manera definitiva. Un avantatge addicional és que aquests reactius són inestables i es degraden ràpidament, evitant l'acumulació de subproductes tòxics que podrien comprometre la qualitat de l'aigua tractada.

No obstant això, generar aquestes espècies radicals de manera controlada sovint requereix condicions extremes, com altes temperatures o altes pressions, així com medis molt particulars, com el del nostre organisme. Per solucionar aquests inconvenients, la catàlisi es presenta com una solució molt eficient, on una substància, anomenada catalitzador, accelera una reacció química sense consumir-se al llarg del procés. Aquests materials poden facilitar que les reaccions químiques tinguin lloc més fàcilment, ja que s'uneixen a les molècules reactives durant la reacció química i se separen quan aquestes es transformen en productes. La majoria dels químics utilitzen una quantitat relativament xicoteta de material catalitzador per a modificar la velocitat d'una reacció, ja que la mateixa superfície catalítica es pot utilitzar una vegada rere altra sense esgotar-se. La figura 3 mostra com es pot utilitzar una superfície catalítica per a accelerar una reacció, unint àtoms o separant-los.

En el cas de la degradació de contaminants en aigües, els catalitzadors poden facilitar la generació d'espècies radicals (productes) a partir de molècules d'aigua (reactius). No obstant això, per aconseguir-ho cal activar-lo prèviament. Aquest pas es pot realitzar emprant fonts d'energia com

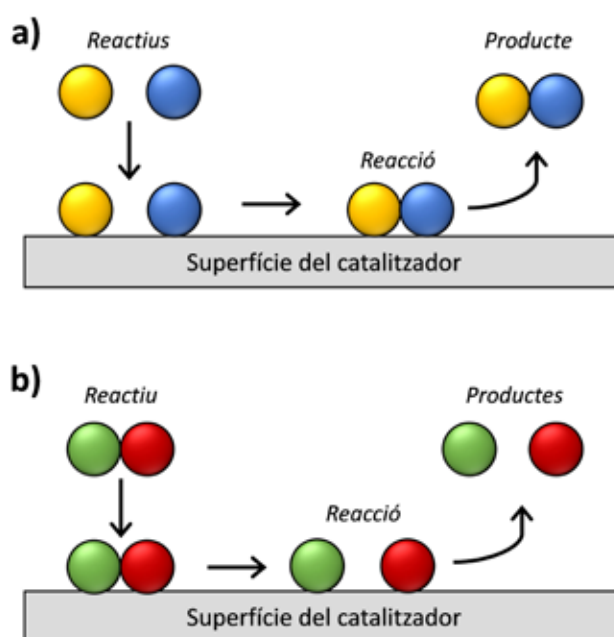


Figura 3. Esquema d'un procés catalític en el qual: a) es combinen dos reactius per a formar un producte, i b) es separa un producte en dos reactius.

l'electricitat (electrocatalisi), la llum (fotocatalisi) o forces mecàniques (piezocatalisi).

L'electrocatalisi utilitza elèctrodes que degraden contaminants en l'aigua de manera directa quan passa corrent elèctric. Aquesta tècnica destaca per la seua alta eficàcia i, a més, es pot aplicar a diferents escales, des de plantes industrials fins a sistemes domèstics. Tot i els seus avantatges, pot ser costosa econòmicament i depèn d'un subministrament elèctric constant per a funcionar de manera òptima.

La fotocatalisi, en canvi, aprofita catalitzadors activats per llum solar o artificial per degradar contaminants. És una tecnologia més sostenible, ja que utilitza energia solar i genera pocs subproductes nocius. Aquesta tècnica pot incorporar-se en sistemes de tractament d'aigua potable o industrial, però pot veure's limitada en situacions on hi haja poca llum o durant la nit, la qual cosa redueix la seua eficiència significativament.

Finalment, la piezocatalisi és un procés que utilitza materials especials que generen electricitat quan es mouen o es veuen afectats per vibracions. Aquesta electricitat ajuda a descompondre els contaminants en l'aigua. És útil en llocs on no hi ha electricitat, ja que es pot aplicar en sistemes amb moviment, com per exemple les canonades quan vibren. L'avantatge d'aquesta tècnica és que no depèn de la terbolesa de l'aigua, mentre que el desavantatge és que actualment l'eficàcia no és superior comparada a la de les altres dos.

En conclusió, tots aquests processos permeten produir radicals lliures d'oxigen de manera directa per a eliminar contaminants persistents com pesticides i productes químics industrials. Així, la implantació de tecnologies avançades com l'electrocatalisi, la fotocatalisi i la piezocatalisi en el tractament d'aigües residuals en una depuradora representa una estratègia innovadora i eficient per a afrontar els reptes ambientals globals.