

### Impactes a la hidrosfera



Riu contaminat a Argentina

L'augment de la població mundial ha incrementat extraordinàriament la demanda i el consum d'aigua a la Terra. Cada vegada és més difícil obtenir-ne fins el punt que, en molts llocs, l'aigua ha esdevingut un bé escàs. Per altra part, l'elevat grau de contaminació que pot patir l'aigua en dificulta la reutilització i n'agreuja el problema. L'accés a l'aigua és causa de conflictes entre territoris i es preveu que en el futur pugui ser l'origen d'algunes guerres. Els impactes de l'ésser humà sobre l'aigua poden ser de dos tipus: d'una banda, poden **modificar la dinàmica natural dels rius o dels corrents litorals** (les actuacions més freqüents que modifiquen la dinàmica natural dels rius són la construcció d'**embassaments** al llarg del curs del riu i les **obres de canalització i transvasaments** i, d'altra banda, poden **contaminar** l'aigua.



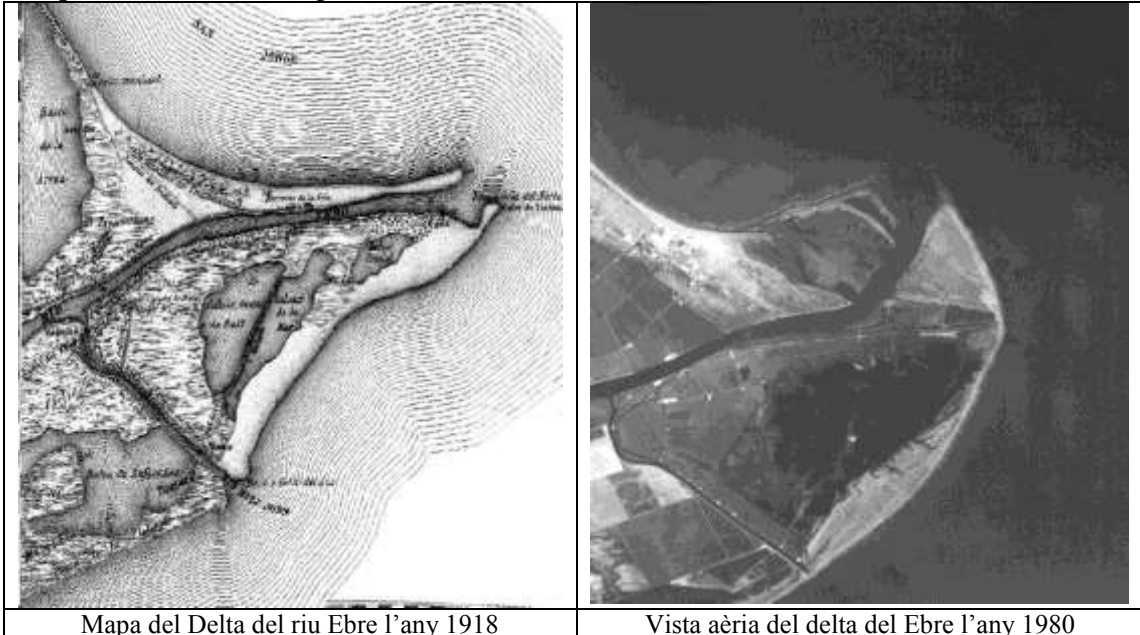
Embassament de Sau al riu Ter al municipi de Vilanova de Sau a la comarca d'Osona

Els **embassaments** es fan amb la finalitat d'obtenir energia hidroelèctrica i emmagatzemar l'aigua. A més, tenen altres efectes positius, com el control del cabal del riu quan hi ha aiguats i així actuen com a reguladors d'avingudes. Els embassament són un element paisatgístic important i poden convertir-se en un centre per desenvolupar-hi diferents activitats de lleure i esport. A España, el nombre d'embassaments va créixer a

raó de dos a l'any entre 1900 i la Segona Guerra Mundial, i aproximadament 20 a l'any entre 1950 i 1980.

Actualment, la construcció d'embassaments a Europa ha disminuït molt i s'ha estabilitzat el creixement total de superfície embassada, degut sobretot a la falta de llocs adequats. La construcció d'embassaments causa diversos impactes ambientals, tant durant les obres com una vegada acabades aquestes. Entre els efectes negatius dels embassaments podem destacar els següents:

- **Modificació del paisatge i del territori.**
- **Modificació del sistema fluvial, la morfologia i dinàmica fluvial.**
- **Retenció de sediments**, que, a la llarga, ocasiona el rebliment de la presa i disminueix la quantitat de sediments que arriben a la costa. Això afecta a la dinàmica dels deltes ja que la sorra que s'emporten els temporals de mar no pot ser reemplaçada per les aportacions fluvials i en conseqüència els deltes retrocedeixen: cas del delta del riu Ebre. Així mateix, augmenta l'erosió de les platges properes a la desembocadura a l'estar privades de l'aportament de sorra i altres sediments. Aquest procés es pot comprovar comparant les dues imatges inferiors:



- **Disminució de la quantitat d'aigua dolça que arriba als deltes:** els embassament disminueixen els cabals dels rius aigües avall. En els deltes, com que el llit del riu es troba en el mateix nivell que el mar, quan el flux d'aigua dolça és insuficient, l'aigua salada, més densa, penetra en forma de llengua (falca salina) riu amunt.

- **Canvis dels usos del sòl**, per inundació de terres de conreu, assentaments humans, etc.

- **Canvis en la flora i fauna**, produint-se sempre una disminució de la biodiversitat en l'embassament i aigües avall.

- **Modificació i interferència en el cicle biològic de les espècies migradores.** La presa és una barrera infranquejable per als animals aquàtics migradors com l'anguila i el salmó.

• **Eutrofització de les aigües embassades.**


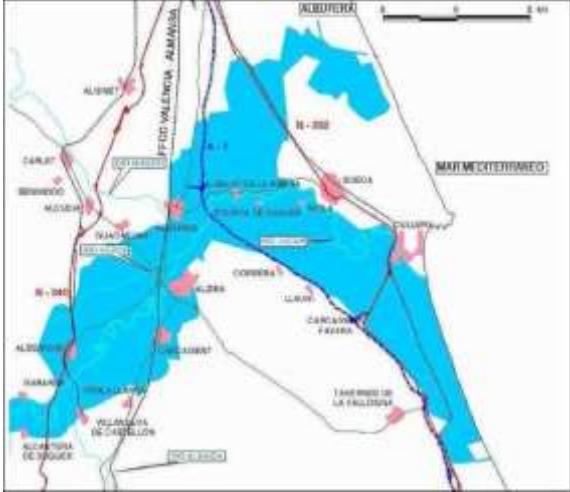


• **Moviments socials. Emigració i immigració de la població, pèrdua de patrimoni.** Aquest fou el cas de l'església de Sant Romà de Sau que formava part de la població que va quedar completament submergida sota l'aigua del pantà de Sau. Quan hi ha sequera, les restes de l'església es van visibles com es veu a la fotografia.



Entre els possibles efectes negatius dels embassaments, un dels pitjors, sinó el pitjor, és el risc de trencament de la presa. Per sort, no és habitual que es produeixi un trencament d'una presa, però a l'estat espanyol se n'ha donat algun cas. Així, l'octubre de 1982, una avinguda del riu Xúquer al País valencià va esfondrar la presa de Tous, i ocasionà desenes de morts. Avui, la presa està reconstruïda i disposa de sensors de deformació que en garanteixen una vigilància contínua.



Pantà de Tous a l'actualitat

	
<p>La presa de Tous trancada</p>	<p>Mapa de la zona inundada</p>
	
<p>Avinguda del País Valencià a Algemés</p>	<p>Veïns de Carcaixent en llanxa</p>

	
<p>Avinguda dels Sants Patrons a Alzira (antigament aquest era el llit del riu)</p>	<p>El Xúquer al seu pas pel pont d'Albalat de la Ribera</p>

Les **obres de canalització** o **endegament** responen a la voluntat humana de fixar la llera del riu per protegir les persones i els béns materials. Les canalitzacions representen una alteració en el funcionament natural dels rius i de les rieres. Sovint, redueixen l'espai destinat al riu, per tal d'augmentar al màxim l'espai destinat a usos més productius. Hi ha diversos tipus d'obres de canalització: **cobriment del llit** que és la solució més dura, ja que, en la pràctica desapareix el llit del riu com a element natural, i **murs de contenció**, que eviten l'erosió lateral del riu i que en canvii el traçat; es fan sobretot en trams en que els rius passen per trams urbans. És una solució segura, però si s'hi utilitza formigó, impedeix el creixement de la vegetació. En canvi, si es fa amb blocs de roca i xarxes, formant **gabions** permet el creixement vegetal en els intersticis de les roques.



Gabions



Riera dels Canyars a Gavà, Catalunya

Els **transvasaments** consisteixen en l'exportació d'aigua des de les conques hidrogràfiques excedentàries cap a les conques deficitàries. La idea, que d'entrada sembla molt lògica i senzilla, comporta una sèrie de problemes que cal tenir en compte. A la fotografia de la dreta podem veure els tubs d'un transvasament d'aigua. La disminució de cabals comporta una **disminució de la recàrrega dels aqüífers**, al llarg de tot el seu recorregut. Aquest fet és especialment preocupant en la desembocadura dels rius on s'origina una falca salina. Si la quantitat d'aigua exportada és molt gran, es pot veure afectada la flora i la fauna del riu, pel que cal respectar l'anomenat **cabal ecològic**, que pot definir-se com la quantitat d'aigua mínima necessària per a preservar els valors ecològics en la llera del riu, i en concret:

- els hàbitats naturals que acullen una riquesa de flora i fauna,
- les funcions ambientals, com la dilució de contaminants,
- l'esmortiment dels extrems climatològics i hidrològics,
- la preservació del paisatge.

La determinació del cabal ecològic d'un riu o rierol es fa segons un anàlisi de les necessitats mínimes dels ecosistemes existents en l'àrea d'influència de l'estructura hidràulica que en alguna forma va a modificar el cabal natural del riu o rierol. La disminució de cabal, afegit a la construcció de preses, comporta **una reducció de l'aportació de sediments a la desembocadura**.

Els transvasaments també poden fer que les **espècies invasores** d'un riu es propaguin a un altre que se'n mantenia lliure. Una **espècie invasora** és una espècie viva que esdevé un agent de pertorbació de la biodiversitat autòctona dels ecosistemes naturals en els que s'ha introduït.

**La sobreexplotació d'aqüífers** comporta impactes de dos tipus: d'una banda, la mobilització d'aigües contaminades del subsòl, i, de l'altra, la modificació de la dinàmica hídrica.

La sobreexplotació provoca la davallada del nivell freàtic, que al seu torn pot afectar, per exemple, les surgències o fonts i, fins i tot, els rius (fig. 2).

Una sobreexplotació puntual d'un pou genera un con de depressió cada vegada més ampli i profund, que provoca el desplaçament de l'aigua i, fins i tot, l'assecamment dels

pous veïns (fig. 3). Per evitar-ho, hi ha una normativa que regula la profunditat màxima dels pous d'extracció, així com la quantitat de pous per unitat de superfície.



Transvasament d'aigua del riu Tajo al riu Segura a Albacete

La **contaminació de l'aigua** és l'acció i efecte d'introduir matèries o formes d'energia o induir condicions en l'aigua que, de manera directa o indirecta, impliquen una alteració perjudicial de la seva qualitat en relació amb els usos posteriors o amb la seva funció ecològica. La contaminació de l'aigua ofereix algunes particularitats sobre la resta de medis contaminats. En primer lloc, l'aigua és un bon dissolvent i, per tant, pot contenir una gran quantitat de productes. En segon lloc, s'usa profusament en la indústria, la ramaderia i en les ciutats com element de neteja. En tercer lloc, els assentaments humans estan sempre prop de l'aigua, bé en la proximitat de rius i llacs, bé en la costa. Les masses d'aigua constitueixen l'entorn natural més pròxim on abocar els nostres residus. Els rius les arrossegaran aigües avall, allunyant-los de la nostra vista. I els mars constitueixen l'abocador ideal: immensos i profunds, allunyan de la nostra vista tota contaminació.



Contaminació a la costa a la Índia

Almenys era així fins fa relativament poc temps, quan el volum d'abocaments va començar a superar amb escreix la capacitat de les aigües per a allotjar-los. La falta d'aigua potable va conscienciar la societat de la necessitat de mantenir les nostres aigües netes. Desgraciadament, les solucions no s'han aplicat a tots els rius i llacs del món, existint en l'actualitat extensíssimes àrees del planeta en les quals trobar un subministrament d'aigua potable és una tasca molt difícil. I en el mar la situació és encara pitjor. Excepte en molt escassos llocs, la gran majoria de les costes sofreixen un abocament continu de residus, que les enverinen lentament (vegeu la fotografia superior).

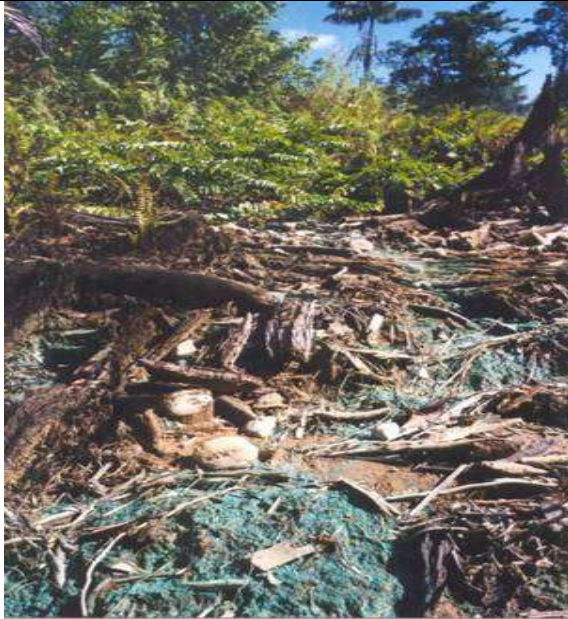
Si atenem a la manera que la contaminació es produeix, podem distingir entre contaminació difusa i puntual:

- **Difusa:** el seu origen no està clarament definit, apareix en zones àmplies i no té focus emissor concret, per exemple els abocaments agrícoles, miners, de construcció i la contaminació d'origen natural.
- **Puntual o localitzada:** és produïda per un focus emissor determinat i afecta a una zona concreta, per exemple, l'abocament d'aigües residuals industrials o domèstiques.

**Focus de contaminació:** la **contaminació d'origen industrial** és una de les que produeix un major impacte, per la gran varietat de materials i fonts d'energia que poden aportar a l'aigua: matèria orgànica, metalls pesants, olis, greixos, pols, increment de pH i temperatura, radioactivitat, etc. Entre les indústries més contaminants es troben les petroquímiques, energètiques, papereres, siderúrgiques, tèxtils, etc. El seu grau de contaminació dependrà del tipus d'indústria i dels processos de fabricació que porten a terme.

La **contaminació d'origen agrícola i ramadera** es produïda per l'ús de **plaguicides, pesticides, fertilitzants i adobs**, que són arrossegats per l'aigua de reg, arrossegant sals de nitrogen, fòsfor, sofre i traces d'elements organoclorats que poden arribar al sòl per rentat i contaminar les aigües subterrànies. En explotacions ramaderes, la contaminació procedeix de les restes orgàniques que cauen al sòl i d'abocaments amb aigües carregades de matèria orgànica, que així mateix poden contaminar les aigües subterrànies. Les indústries agroalimentàries també introdueixen en l'aigua una elevada càrrega de matèria orgànica.





Contaminació agrícola per sulfur de ferro



Contaminació urbana per aigües fecals

La **contaminació d'origen urbà** és el resultat de l'ús de l'aigua en habitatges, activitats comercials i de serveis, el que genera aigües residuals, que són retornades amb un contingut de residus fecals, deixalles d'aliments (greixos i altres restes orgànics), i en l'actualitat amb un increment de productes químics (lleixius, detergents, cosmètics, etc.)

**Contaminació minera:** l'activitat minera genera una gran quantitat de residus (sòlids, líquids i gasosos). L'aigua de pluja que cau sobre les acumulacions de residus miners sòlids i els residus líquids originen líquids més o menys viscosos, anomenats **lixiviats**, que són especialment tòxics i generalment àcids, que s'escolen superficialment i contaminen els rius o s'infilten en el terreny i contaminen els aqüífers.



Contaminació minera per lixiviats



Contaminació industrial

Altres fonts de contaminació d'origen antropogènic són: Els abocadors de residus, tant urbans com industrials i agraris; la contaminació per restes de combustibles, com lubricants, anticongelants, asfalts, tot ells derivats de les infraestructures i ocupació de l'automòbil; la contaminació d'aigua per fuites en conduccions i dipòsits de caràcter industrial i les marees negres, ocasionades per l'abocament de petroli al mar, principalment com a conseqüència d'accidents dels grans vaixells petrolers o com resultat de la seva neteja.

L'aigua també pot ésser afectada per "**contaminació natural**" que consisteix en la presència de substàncies en l'aigua sense que intervingui l'acció humana. Aquestes substàncies poden ser partícules sòlides i gasos atmosfèrics arrossegats per les gotes de pluja i aigües de desgel; pol·len, espores, fulles seques i altres residus vegetals, i excrements de peixos i aus aquàtiques. Ara bé, tots aquests residus naturals sofreixen una sèrie de processos químics i biològics que formen part de la capacitat auto-depuradora de l'aigua i en la seva majoria són transformats en noves sals minerals o en aliment pel éssers vius.

Segons la seva naturalesa, els contaminants de l'aigua es poden classificar en **físics, químics i biològics**.

### Contaminants físics

**Contaminació tèrmica:** procedent de la utilització de l'aigua com refrigerant en les centrals tèrmiques o de les turbines dels embassaments. Afecta a la concentració d'oxigen en l'aigua, ja que la seva solubilitat disminueix en augmentar la temperatura, provocant la mort dels organismes aerobis i accelerant els processos de descomposició anaeròbia de la matèria orgànica i afavorint el desenvolupament d'organismes patògens. Afecta també a la durada dels cicles de creixement i reproductors de les espècies, substitució de les espècies autòctones, i a la capacitat d'autodepuració de les aigües, augmentant la velocitat de les reaccions químiques i la toxicitat de determinats compostos.

Temperatura (° C)	15	20	22	25	30
O <sub>2</sub> dissolt en aigua (mg/l)	10	7	5	3	1

Taula: relació entre temperatura i concentració d'oxigen dissolt en aigua

**Radioactivitat:** existeix una radioactivitat d'origen natural en les aigües (procedent dels raigs còsmics, sòl, etc.), els límits de la qual són innocus. Hi ha una altra radioactivitat d'origen antròpic que si pot tenir efectes negatius. Es troba en els líquids refrigerants de centrals nuclears, residus radioactius d'activitats mèdiques, d'investigació o industrials. S'acumulen en els llots dels embassaments i fons oceànics. Són mutàgens i tenen efectes cancerígens.

**Sediments i partícules:** de forma natural, les partícules presents en l'aigua procedeixen de l'erosió de la superfície continental. Les aigües dolces mantenen una gran quantitat d'argiles en suspensió; no així les aigües salades, ja que els seus ions dissolts anul·len

les càrregues negatives de les partícules d'argiles i permeten la seva agregació i sedimentació. Però hi ha una gran quantitat d'activitats que introdueixen partícules de matèria en les aigües com per exemple, dejeccions sòlides, restes de mineria, cel·lulosa de les indústries papereres, etc. Aquesta presència de partícules en l'aigua té diversos efectes negatius:

- Actuen de filtre de la llum, disminuint la capacitat fotosintètica del medi.
- Permeten l'agregació sobre la seva superfície de contaminants, afavorint el seu transport i la seva introducció en el medi.
- Obstrueixen els sistemes de filtració dels organismes aquàtics.



Contaminació física d'un bassal d'aigua

La taula següent conté un resum dels contaminants físics:

Tipus	Origen	Efectes
<b>Temperatura</b> (augment o disminució).	<p>Activitats de refrigeració (centrals nuclears).</p> <p>Centrals hidroelèctriques (l'aigua de les turbines arriba al riu amb una temperatura més baixa).</p>	<p>Modificació en la fauna i flora</p> <p>Interferència en els cicles biològics d'algunes espècies (creixement o reproducció).</p> <p>Variació de l'oxigen dissolt (disminueix amb l'increment de temperatura).</p> <p>Increment descomposició orgànica</p>

<p><b>Partícules radioactives</b></p>	<p>Circuits de refrigeració de centrals nuclears. Residus procedents de centres d'investigació, hospitals, indústria armamentista.</p>	<p>Càncer; alteracions genètiques.</p> <p>Malformacions congènites.</p> <p>Acumulació en llots de rius, embassaments i fons oceànics.</p>
<p><b>Materials en suspensió</b></p> <p>Inorgànics (llots, sorres, etc.). Orgànics (restes vegetals i animals, aliments, papers, etc.).</p>	<p>Aigües residuals domèstiques, urbanes, agrícoles o industrials. Explotacions mineres. Sediments transportats pels agents geològics externs.</p>	<p>Augment de la torbolesa, dificultant la fotosíntesi i la visibilitat.</p> <p>Modificació de les propietats físiques de l'aigua, olor, sabor i color.</p> <p>Increment de l'activitat bacteriana aeròbica (eutrofització)</p>

### Contaminants químics

Atenent al metabolisme dels contaminants els podem diferenciar en :

**Biodegradables:** són contaminants que es degraden sota l'acció dels agents atmosfèrics, l'acció dels éssers vius i amb el pas del temps.

- **Nitrats i fosfats:** procedents dels fertilitzants o de la descomposició de matèria orgànica. La seva descomposició en l'intestí, en combinar-se amb grups amino dels aliments, pot donar lloc a nitrosamines, que són cancerígenes i els principals responsables de l'eutrofització de les aigües.
- Els **glúcids**, les **proteïnes**, les **grasses** i **gasos** com H<sub>2</sub>S, metà i oxigen originen olors i colors anormals.

**No biodegradables:** són contaminants que no s'alteren en cap situació i durant períodes de temps molt llargs, en ocasions de segles. Són compostos com plàstics, pesticides, metalls pesants, etc., que per ser estranys a l'ecosistema, gairebé no troben organismes amb enzims capaços de transformar-los, podent arribar a concentracions perilloses, en acumular-se en la cadena alimentària.

- **Metalls pesats:** poden procedir de processos naturals com la descomposició de les roques o activitats volcàniques, però les majors quantitats les aporten activitats humanes com la mineria, processos industrials que contenen metalls i combustió de recursos fòssils. Els més freqüents són el mercuri i el plom.

La font principal de contaminació per **mercuri** són activitats mineres, tant d'extracció de mercuri com d'alguns processos de purificació de metalls nobles. Per exemple, les extraccions d'or en la conca amazònica, en les quals s'utilitza mercuri per separar el preuat metall dels sediments i, com resultat, s'aboquen tones de mercuri als rius, una contaminació que serà molt difícil de netejar. També són responsables de la contaminació per mercuri la indústria paperera i la de fabricació d'acetaldehid i de

hidrosfera  
clorur de vinil (component bàsic del PVC). La toxicitat del mercuri afecta sobretot al cervell.

El **plom** pot procedir de diversos orígens. Les aigües de pluja arrossegueu una gran part del plom abocat a l'atmosfera pels gasos d'automòbils i camions. Però a més, el plom s'incorpora directament a les aigües pels abocaments d'algunes indústries químiques (cristalleria, ceràmica, soldadura, etc.) i dissolent-se de les canonades de plom, encara present en cases antigues: si l'aigua és àcida, la dissolució del plom pot arribar a ser molt elevada. Finalment, el plom



s'usa, juntament amb altres compostos com el coure, en pintures antioxidants i com insecticida i fungicida. Afecta sobretot al sistema nerviós. És el metall pesat que ha sofert major increment a nivell mundial: els gels de Groenlàndia mostraven en 1933 0,07 ppm de Pb en la seva composició, valor que en 1975 arribava a les 0,3 ppm. I si això ha succeït a Groenlàndia, una illa allunyada de fonts de contaminació, què no haurà ocorregut en les ciutats més poblades del món?.

**Compostos orgànics:** plaguicides, hidrocarburs aromàtics, bifenils policlorurs i detergents. Poden alterar el sabor, olor i color natural, produir escumes i arribar a toxicitat per bioacumulació en els organismes aquàtics.



Un cas de contaminació química de l'aigua és el conegut com a **malaltia de Minamata**: es tracta d'una síndrome neurològica greu

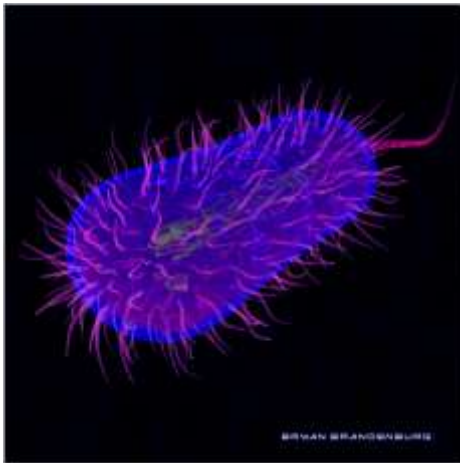
i permanent causada per un enverinament per mercuri. Els símptomes inclouen atàxia, alteració sensorial a mans i peus, deteriorament dels sentits de la vista i la oïda, feblesa i, en casos extrems, paràlisi i mort. La malaltia de Minamata es diu així perquè la ciutat de Minamata (Japó) va ser el centre d'un brot d'enverinament per metilmercuri a la dècada dels anys 1950. El 1956, l'any que es va detectar el brot, van morir quaranta-sis persones. Els animals de companyia i els ocells de la zona també tenien símptomes semblants. Entre el 1953 i el 1965 es van comptabilitzar en total 111 víctimes mortals i més de 400 casos amb problemes neurològics. En alguns casos, dones que no presentaven cap símptoma van donar a llum nens greument afectats, com el que podeu veure a la fotografia.

El 1968, el govern japonès va anunciar oficialment que la causa de la malaltia era la ingestió de peix i de marisc contaminat de mercuri pels abocaments de l'empresa petroquímica Chisso a les aigües que consumien els habitants de Minamata. A les víctimes no se les indemnitzaria fins el 1996. A l'any 2001 ja s'havien diagnosticat

2.955 casos de la malaltia de Minamata, dels que 2.265 havien viscut a la zona costanera del Mar de Yatsushiro. Els pacients poden sol·licitar compensacions econòmiques i ajuts per les despeses mèdiques. Per reduir la preocupació de la gent, el govern japonès també ofereix exàmens mèdics als habitants de l'àrea afectada. Encara que hi ha hagut altres casos semblants en diferents llocs del planeta i en diferents anys, el cas que hem comentat és el més conegut i el que ha marcat un punt d'inflexió perquè molts països desenvolupin polítiques per evitar la contaminació de l'aigua destinada al consum humà.

A Catalunya hi ha un cas de contaminació química molt greu, que sortosament no sembla o no es coneix que hagi provocat danys, que és la gran bossa de contaminats químics i radioactius a [l'embassament de Flix](#), que es veu a la fotografia. El problema està explicat en [aquest informe científic](#).

### Contaminants biològics



L'aigua pot contenir matèria orgànica i microorganismes que la converteixen en causa o vehicle de malalties, actuant com un factor limitant del desenvolupament econòmic i social. Es contamina bàsicament pels excrements humans o animals i per les aigües residuals. Aquesta contaminació fecal incorpora una varietat d'organismes patògens relacionats amb les malalties que poden existir en la comunitat en aquest moment. Uns altres organismes, de presència natural en l'ambient, encara que no se'ls considera patògens, poden produir malalties "oportunistes" en persones amb mecanismes de

defensa disminuïts. Es calcula que anualment 500 milions de persones sofreixen malalties intestinals a causa de un inadequat sanejament de la xarxa de distribució d'aigua. A la fotografia de l'esquerra podeu veure el bacteri Escherichia coli. Diferents espècies de **fongs, protozous i algues** poden produir substàncies tòxiques, infeccions i modifiquen les qualitats organolèptiques de l'aigua. També, diferents **bacteris i virus** poden provocar greus problemes sanitaris a la població en beure aigua contaminada. En la següent taula hi ha un resum dels principis organismes responsables de contaminació de les aigües, de les malalties que provoquen i dels efectes d'aquestes malalties en les persones.

	<b>Agent patogen</b>	<b>Malaltia</b>	<b>Efectes</b>
Virus	Virus de l'hepatitis A Virus de la poliomièlitis	Hepatitis Poliomièlitis	Febre, mals de cap i inflamació del fetge Febre, mals de cap i paràlisi d'extremitats i tronc
Bacteris	<a href="#">Salmonella typhi</a> <a href="#">Shigella dysenteriae</a> <a href="#">Vibrio cholera</a> <a href="#">Escherichia coli</a>	Febres tifoides Disenteria Còlera Enteritis	Vòmits i diarrea Diarrea aguda Vòmits i diarrea agudes Vòmits i diarrea
Protozoous	<a href="#">Entamoeba histolytica</a> <a href="#">Giarda lamblia</a> <a href="#">Tripanosoma gambiense</a> <a href="#">Plasmodium malariae</a>	Amebosi Giardiosi Malaltia del somni Paludisme	Diarrea severa, dolor abdominal Diarrea, fatiga Afeccions cerebrals Febres recurrents, infecció
Nematodes (cucs)	<a href="#">Schistosoma</a> sp Anchylostoma sp	Esquistomatosi Anquilostomatosi	Fatiga crònica, anèmia i hemorràgies Hemorràgies internes i hemòlisi

### La contaminació en el llacs

La contaminació dels rius és en gran part contrarestada pels mecanismes d'autodepuració de la mateixa dinàmica fluvial, especialment el moviment de l'aigua en circulació. Els problemes sorgeixen quan la càrrega de contaminants supera la capacitat d'autodepuració. Els llacs són més susceptibles de ser contaminats que els rius, ja que les seves aigües tenen un moviment molt menor i, per tant, menor capacitat d'autodepuració. A més dels tipus de contaminació que pateixen els rius, els llacs poden patir processos d'eutrofització. El terme **eutrofització** significa "*ben alimentat, excés de nutrients*" i fa referència a l'augment de la quantitat de biomassa en les aigües com resultat de l'increment artificial dels nutrients posats a la disposició dels éssers vius.

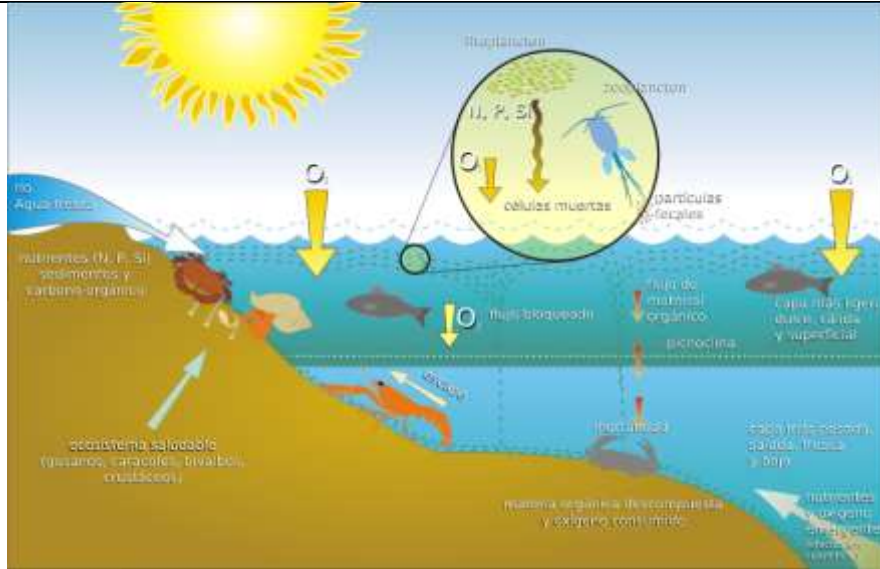


Aigua d'un llac amb eutrofització

L'evolució més "normal" dels llacs tendeix a dur-los de l'oligotròfia (llacs d'aigües transparents i poc productius) a l'eutròfia (aigües verdoses molt productives). El procés natural consistiria en el progressiu **rebliment** del llac, que es va omplint de sediments i materials dissolts que aporten les aigües que van a parar al llac, alhora que disminueix el volum d'aigua embassada. Aquesta evolució pot veure's alterada per l'establiment de comunitats humanes en la conca. Els aportaments antròpics de nutrients, principalment nitrats i fosfats, incrementaran la velocitat del procés d'eutrofització i provocaran una resposta en el llac que podem esquematitzar en els 4 punts següents:

- Increment dels nutrients per aportació de fosfats (ús de detergents) i nitrats (adobs).
- Proliferació excessiva del fitoplàncton, deguda al fet que el fòsfor perd el seu efecte limitant. L'aigua comença a posar-se tèrbola i verda. La fotosíntesi és tan activa en les capes superficials del llac que es produeix una sobresaturació d'oxigen i l'excés escapa a l'atmosfera.
- El creixement explosiu del fitoplàncton constitueix una pel·lícula sobre la superfície que impedeix el pas de la llum, disminueix la fotosíntesi de les plantes de l'interior, les quals moren i cauen al fons, juntament amb organismes del fitoplàncton. La mort de tots aquests organismes provoca l'acumulació en el fons de matèria orgànica que és degradada per bacteris descomponedors aerobis que consumeixen ràpidament l'oxigen dissolt de l'aigua del fons. L'esgotament de l'oxigen provoca la mort de peixos i crustacis.
- Com a conseqüència no tota la matèria orgànica és consumida per bacteris aerobis i part sedimenta en el fons. Els sediments, abans de colors clars, es tornen gairebé negres. Ara entren en joc bacteris anaerobis capaços de degradar la matèria orgànica del sediment en absència d'oxigen, el que fa que comencen a proliferar les algues cianofícies que fixen el  $N_2$  atmosfèric i augmenta la mala olor característica de "les aigües podrides". Les cianofícies seran els únics organismes capaços de viure en aquestes aigües cada vegada més verdoses i d'olor desagradable fins que s'esgota el fòsfor, element limitant per a elles. Una massa d'aigua eutrofitzada pot arribar a tornar al seu estat original després d'un llarg període de temps, si es redueixen dràsticament els aportaments de nutrients.





Procés d'eutrofització d'un llac

Els embassaments també experimenten aquest procés, però de forma més accelerada; el seu temps de vida es calcula de forma general entre 50 i 200 anys, depenent de l'aportació de nutrients i sediments de les seves conques. Per evitar-ho, periòdicament es buiden els embassaments completament.

Durant aquests últims anys, especialment a mesura que en els països desenvolupats es generalitzava l'ús domèstic de rentadores automàtiques, s'han usat productes de neteja per rentar la roba molt rics en fòsfor, preparats a partir de polifosfats, que tenien els avantatges de precipitar el calci, deixar l'aigua amb un pH adequat, emulsionar els greixos i mantenir en suspensió les partícules de brutícia. Tot aquest fòsfor anava a parar a les aigües dolces. En l'actualitat l'ús d'aquests productes ha estat prohibit en la majoria de països.

### Contaminació dels mars

Els **mars i oceans**, en disposar d'un gran volum d'aigua, posseeixen una capacitat d'autodepuració molt major que la dels rius, llacs i aigües subterrànies. La seva contaminació per via natural és molt petita i pot ser eliminada per propis mecanismes d'autodepuració. Les fonts de contaminació més freqüents són:

- **Rius contaminats** (aigües residuals urbanes, agrícoles i / o industrials).
- **Abocaments incontrolats:** substàncies químiques, radioactives, etc., realitzats a través d'emissaris (grans tubs) submarins.
- **Residus flotants i materials plàstics:** generats per la navegació turística i esportiva.
- **Accidents de vaixells carregats de petroli i de plataformes petrolíferes, les marees negres, o d'altres materials perilluosos.**
- **Activitats industrials** realitzades en el mar, com extracció de petroli en les plataformes petrolíferes o la neteja dels tancs dels vaixells.



Entre els efectes més destacats de les mareas negres està la mort d'organismes marins per enfonsament, en perdre la flotabilitat, o pèrdua de calor a l'alterar-se l'aïllament tèrmic per la impregnació de cru en plomes i pèls. El cru impedeix que entre la llum del Sol, amb la qual cosa desapareixen els productors i, amb ells, la resta de nivells tròfics. Els components més pesats s'enfonsen i cobreixen els fons, destruint la fauna i flora bentònica. Si l'abocament succeeix prop de la costa, s'alteren les activitats pesqueres i turístiques, ocasionant greus conseqüències econòmiques per a la zona afectada.

Els majors nivells de contaminació es produeixen en mars tancats i amb escassa dinàmica, com és el mar Mediterrani, les aigües del qual tarden molt temps en renovar-se. Anualment es calcula que s'aboquen als mars més de 600.000 tones de petroli, un 12% de les quals són originades en accidents. La major part prové de vessaments intencionats, sobretot de la neteja dels tancs dels petroliers. Les mareas negres es poden eliminar o reduir per mitjà de:

- Bacteris que degraden el petroli.
- Vaixells succionadors.
- Utilització de materials absorbents per facilitar la recollida del petroli.

Les mareas negres, a causa dels accidents de grans vaixells petroliers, aporten un 13% de tot el petroli que hi arriba al mar. Aquesta contaminació accidental té lloc regularment i normalment el petroli vessat és oxidat per bacteris marins, però els productes enquitranats del cru que hi arriben als sediments s'oxiden molt lentament, i pot causar un impacte significatiu a llarg termini en la pesca i en altres activitats que depenen d'aigües no contaminades. Al llarg del segle vint, a causa de la gran demanda de petroli, hi ha hagut diversos accidents de petroliers provocant efectes ecològics greus. El 13 de novembre de 2002, el *Prestige*, un petrolier de 26 anys carregat amb **77.000 tones de fuel**, llançava un SOS. Començava així un dels accidents marítims més greus de la història moderna.

### Contaminació de les aigües subterrànies

Les aigües subterrànies que, com ja hem estudiat, suposen un recurs hídric important es veuen seriosament afectades per la **contaminació** i també per la **sobreexplotació**. La contaminació té el seu origen en:

- **Infiltracions d'aigües residuals urbanes i per lixiviació d'abocadors de residus sòlids urbans** provocada per l'aigua de pluja.
- **Infiltracions d'aigües residuals d'origen agrícola**, amb fertilitzants i pesticides, i **ramader**, amb restes orgàniques i purins.
- **Infiltracions d'aigües residuals industrials**, que poden incloure residus miners, radioactius, etc.



Contaminació aigües subterrànies per les aigües residuals urbanes

Es pot produir **contaminació puntual**, que afecta a zones molt concretes i que després s'estén per l'àrea saturada de l'aquífer, o **contaminació difusa** de caràcter més ampli, que altera zones més extenses. El problema de la contaminació de les aigües subterrànies és particularment important per tres raons:

- No tenen capacitat d'autodepuració de la mateixa manera que les aigües superficials: presenten poca quantitat d'oxigen dissolt i pocs organismes descomponedors.
- La depuració artificial és difícil i costosa
- La gran lentitud del pas de l'aigua pel subsòl implica que l'expulsió dels contaminants al mar o fora de l'aquífer tarda centenars d'anys.

En la següent taula es comparen les aigües superficials i subterrànies en relació amb la contaminació:

Aigua superficial	Aigua subterrània
Fàcil de contaminar	Difícil de contaminar
Fàcil de protegir	Difícil de protegir
Contaminació visible i fàcil de detectar	Contaminació no visible i difícil de detectar
Autodepuració ràpida	Autodepuració lenta
Depuració artificial fàcil	Depuració artificial difícil

La **sobreexplotació d'aquífers** comporta impactes de dos tipus: la mobilització d'aigües contaminades del subsòl i la modificació de la dinàmica hídrica. La sobreexplotació provoca la davallada del nivell freàtic, que al seu torn pot afectar a les surgències o fonts.

A Catalunya, el problema de la sobreexplotació d'aqüífers afecta sobretot a zones costaneres. En les costes, per sota del mar, el terreny està impregnat d'aigua salada, mentre que sota el continent hi ha d'aigua dolça. Però la superfície de separació entre ambdós aquífers, salat i dolç, no és vertical, sinó que aquesta superfície, anomenada "interfase", presenta forma de falca, ja que l'aigua salada és més densa que la dolça. La sobreexplotació puntual d'un pou provoca per un costat el desplaçament de l'aigua i l'assecamment dels pous veïns i, per un altre costat, l'anomenada **intrusió marina** o **salinització**, és a dir, l'entrada d'aigua salada cap el subsòl de la zona costanera.

### **Legislació sobre abocaments**

La majoria dels focus de contaminació antròpica són deguts als abocaments d'aigües residuals. D'acord amb la legislació vigent, els abocaments d'aigües residuals requereixen l'autorització administrativa.

La normativa diferencia entre abocaments a la llera pública, abocaments al clavegueram i abocaments al mar. Abocaments a la llera pública. La llei considera abocaments a la llera pública els que es fan directament o indirectament a les lleres, com els abocaments al subsòl o sobre el terreny, a les basses o a les excavacions.

No hi ha fixats uns límits per a cada tipus d'abocament, sinó que es fixen en el tràmit d'autorització, d'acord amb les circumstàncies específiques de cada cas.

Per abocar aigües residuals a la llera pública, s'exigeix a les indústries que tinguin una contaminació inferior a la indicada a la taula III. En cap cas, però, no poden superar els límits fixats a la taula I.

**Abocaments al clavegueram.** Per utilitzar el clavegueram, cal l'autorització del titular (Ajuntament), que n'esdevé l'organisme regulador dins del seu territori. Els límits de contaminació dels abocaments al clavegueram no són tan estrictes com els corresponents a la llera pública, ja que se suposa que al final passen per un procés de depuració.

**Abocaments al mar.** Tal com preveuen la Llei de costes i el Reial Decret 1471/89, d'1 de desembre, els abocaments d'aigües residuals al mar requereixen l'autorització de l'administració competent. En aquesta autorització s'hi han de fixar els límits de contaminació admesos.

<b>Paràmetres característics en el tractament dels abocaments</b>			
paràmetre	taula I	taula II	taula III
pH	5,5-9,5	5,5-9,5	5,5-9,5
sòlids en suspensió total (mg/L)	300	150	80
matèries sedimentables (mg/L)	2	1	0,5
sòlids grossos	absents	absents	absents
DBO <sub>5</sub> (O <sub>2</sub> ) (mg/L)	300	60	40
DQO (O <sub>2</sub> ) (mg/L)	500	200	160
temperatura (°C) (F)	3	3	3
color (inapreciable en dissolució)	1/40	1/30	1/20
crom III (mg/L)	4	3	2
crom VI (mg/L)	0,5	0,2	0,2
ferro (mg/L)	10	3	2
níquel (mg/L)	10	3	2
mercuri (mg/L)	0,1	0,05	0,05
plom (mg/L)	0,5	0,2	0,2
coure (mg/L)	10	0,5	0,2
zinc (mg/L)	20	10	3
cianurs (mg/L)	1	0,5	0,5
sulfurs (mg/L)	2	1	1
fluorurs (mg/L)	12	8	6
sulfats (mg/L)	2.000	2.000	2.000
clorurs (mg/L)	2.000	2.000	2.000
nitrogen nítric (mg/L)	20	12	10
fòsfor total (mg/L)	20	20	10
olis i greixos (mg/L)	40	25	20
detergents (mg/L)	6	3	2

Taules dels paràmetres característics que s'han de considerar, com a mínim, en l'estimació del tractament de l'abocament. (Annex del Títol IV del Reial Decret 849/1986, d'11 d'abril de 1986. Reglament del domini públic hidràulic.)

## Qualitat de l'aigua

La **qualitat de l'aigua** es defineix, en funció sempre de l'ús a que serà destinada (per a beure, per al reg, per a bany, etc.), mitjançant l'establiment d'una sèrie de caràcters o qualitats, olor, sabor, etc., o en relació amb el seu estat natural. Per mesurar la qualitat de l'aigua s'empren determinats paràmetres i índexs que ens permeten quantificar el grau d'alteració de les seves característiques naturals. Es tenen en compte uns indicadors de qualitat que es divideixen en tres grups: indicadors físics, químics i biològics.

**Indicadors físics:** els **indicadors físics** que es consideren són els següents:

<b>Indicadors organolèptics</b>	Són aquells que podem percebre a través dels sentits: terbolesa (es deu a les partícules en suspensió procedents del transport fluvial); color (es deu a substàncies colorants com compostos de ferro, matèria orgànica, etc.); olor i gust.
<b>Temperatura</b>	L'augment de temperatura comporta una menor dissolució d'oxigen, i a la vegada accelera els processos de descomposició (i per tant, de demanda d'oxigen per part dels descomponedors).
<b>Sòlids en suspensió</b>	És el pes de productes insolubles per unitat de volum. Dóna terbolesa i mal aspecte a l'aigua.
<b>Conductivitat elèctrica</b>	És proporcional a la quantitat de sals dissoltes.

- **Terbolesa:** es deu a la presència en l'aigua de partícules en suspensió que fan que l'aigua no sigui del tot transparent. La font principal de terbolesa en les aigües naturals procedeix de l'erosió i del transport dels sediments. També pot provenir de les aigües residuals (residus domèstics o industrials) que rebin.
- **Sòlids en suspensió:** representa el pes dels productes insolubles per unitat de volum. És un paràmetre més útil que l'anterior quan es tracta d'aigües amb una elevada presència de sòlids, com és el cas de les aigües residuals.



Aigua de color rogenç

- **Color:** l'aigua és incolora, però les aigües naturals poden presentar coloracions, degudes fonamentalment a la presència de matèria orgànica o de compostos de ferro, manganès, crom, etc.. El color també pot ser degut als abocaments d'indústries que utilitzen colorants o determinats productes químics.
- **Olor i sabor:** l'aigua pura és inodora (no fa cap olor) i insípida (no té cap sabor), però les aigües naturals en el seu recorregut acostumen a incorporar ions i substàncies en suspensió que els donen olor i sabor.
- **Temperatura:** és un paràmetre molt important per definir la qualitat de l'aigua, ja que la majoria dels processos biològics que tenen lloc en els ecosistemes fluvials en depenen. Un augment de la temperatura accelera la velocitat de les reaccions químiques i bioquímiques del ecosistema (el consum d'oxigen és més ràpid). D'altra banda, un augment de les temperatures disminueix la solubilitat de l'oxigen, amb la qual cosa disminueix la quantitat d'oxigen disponible. En la taula següent es pot veure la relació entre la temperatura de l'aigua i la concentració d'oxigen dissolt:

Temperatura (°C)	5	20	22	25	30
O <sub>2</sub> dissolt (mg/l)	10	7	5	3	1



Temperatura de l'aigua

- **Conductivitat:** és la capacitat que presenta l'aigua per conduir l'electricitat a causa de les sals que porta dissoltes. Les sals presents a l'aigua depenen en primer lloc dels sòls per on circula. Entre els ions que apareixen de forma més habitual a l'aigua hi ha sodi, calci, magnesi, bicarbonat, sulfat i clorur. La seva concentració generalment és superior a 1 mg/l. Els abocaments d'aigües residuals poden fer augmentar la salinitat i, per tant, la conductivitat.

**Indicadors químics:** els **indicadors químics** més utilitzats són els següents:

<b>Oxigen dissolt</b>	És aportat per l'oxigen atmosfèric, que es dissol quan les aigües es remouen, i pels organismes fotosintètics. És consumit pels descomponedors quan oxiden matèria orgànica (contaminació) i per la respiració dels organismes.
<b>Demanda bioquímica d'oxigen (DBO<sub>5</sub>)</b>	És l'oxigen utilitzat (mg/L) pels microorganismes per tal de descompondre (oxidar) la <b>matèria orgànica</b> que es troba en un litre d'aigua, a 20 graus i durant 5 dies
<b>Demanda química d'oxigen (DQO)</b>	És l'oxigen utilitzat (mg/L) per descompondre (oxidar) la <b>matèria orgànica i inorgànica</b> , en un litre d'aigua contaminada, mitjançant oxidants químics (dicromat potàssic, permanganat, etc.). Si la relació DBO <sub>5</sub> /DQO < 0,2, la contaminació és predominantment inorgànica, i si és superior a 0,6 llavors és orgànica.

## 2<sup>n</sup> CURS DE BATXILLERAT Bloc 2

CIÈNCIES DE LA TERRA I DEL MEDI AMBIENT

Lliurament 4: Impactes mediambientals a la

hidrosfera

<b>pH</b>	Les variacions de pH vénen donades per la presència de contaminants naturals (CO <sub>2</sub> , bicarbonats) o artificials (pluja àcida, activitat minera, etc.).
<b>Duresa</b>	És la suma de les concentracions de magnesi i calci. S'expressa en mg/L: 0-60 mg/L aigua tova 60-120 mg/L aigua moderada més de 120 mg/L aigua dura
<b>Nutrients</b>	Són els compostos de nitrogen i de fòsfor, i la seva presència provoca eutrofització, sobretot en les aigües estancades.
<b>Metalls</b>	Es presenten en forma de cations i molts d'ells són tòxics a partir de determinats nivells de concentració.

- **pH:** el pH de les aigües naturals té un valor entre 6 i 9. Algunes activitats biològiques (fotosíntesi, respiració) o físiques (turbulències) influeixen en el valor del pH, perquè poden reduir o incrementar la concentració de CO<sub>2</sub> dissolt. La pluja àcida, així com els llixiviats procedents de mines acostumen a donar a les aigües valors de pH àcids. En canvi, els detergents de les activitats humanes i l'àmplia distribució natural de roques carbonatades donen a les aigües pH bàsics.
- **Oxigen dissolt:** és un dels indicadors de qualitat de l'aigua fluvial més utilitzats, ja que l'oxigen participa en molts dels processos que es produeixen en el medi aquàtic. L'oxigen és aportat per l'intercanvi amb l'atmosfera i per l'activitat fotosintètica dels productors primaris. El consumeixen els organismes en els processos d'oxidació de la matèria i de la respiració. La seva proporció en aigües netes està al voltant de 10 mg/l. La seva presència és fonamental per al desenvolupament de la vida aquàtica. Les aigües superficials netes estan saturades d'O<sub>2</sub>, però si es realitzen abocaments de material orgànic, aquesta quantitat disminueix en ser utilitzat aquest element per a la seva oxidació. Un contingut d'oxigen dissolt per sota de 4 mg/l indica aigües molt contaminades i per sota de 2 mg/l provoca la mort dels peixos. S'anomenen **aigües toves** les que posseeixen una concentració menor de 60mg/l i **aigües dures** les que tenen concentracions superiors a 120g/l.
- **Duresa:** la duresa és la suma de les concentracions dels cations de magnesi i de calci. S'expressa en mil·ligrams per litre d'aigua. La seva presència és habitual en totes les aigües naturals, però els valors més elevats es donen en les aigües subterrànies. La duresa és la responsable de la formació de dipòsits i incrustacions que perjudiquen les instal·lacions i els productes que han d'estar en contacte amb l'aigua (canonades, resistències, etc., que tan afecten a les **màquines de rentar roba i de rentar plats** de les nostres cases.
- Entre els indicadors químics s'utilitzen especialment els **indicadors de la presència de matèria orgànica** en l'aigua. La matèria orgànica és un dels components característics de l'aigua en condicions naturals, i també és un component característic dels abocaments. Sota la denominació de matèria orgànica s'inclou un conjunt de substàncies de composició i estructura molt diverses, que tenen en comú la capacitat de reaccionar amb l'oxigen en un procés de **d'oxidació**, per això, la mesura de l'oxigen consumit permet valorar la quantitat de matèria orgànica present a l'aigua.



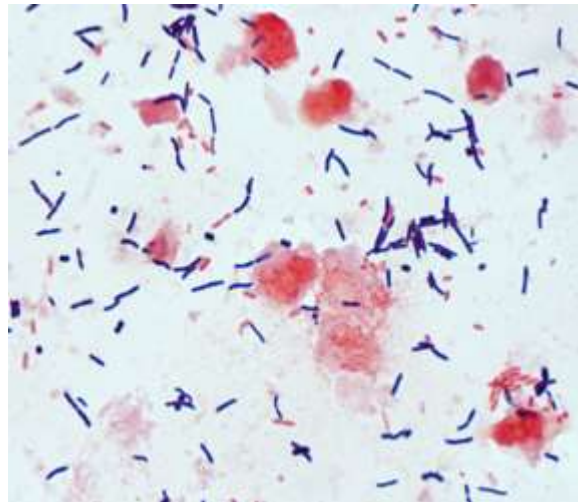
- **Demanda bioquímica d'oxigen**, també anomenada **demanda biològica d'oxigen** (DBO), mesura l'oxidació duta a terme per microorganismes. La DBO dóna una idea de la contaminació orgànica. Dit d'una altra manera: és una mesura de la quantitat d'O<sub>2</sub> que els microorganismes necessiten per a oxidar la matèria orgànica. Aquest procés d'oxidació és lent i els compostos orgànics s'oxiden gairebé completament en cinc dies, per això parlem de DBO<sub>5</sub>. Alguns valors significatius de DBO<sub>5</sub> són:

Rius no contaminats	3 mg/l.
Rius molt contaminats	10 mg/l.
Aigües residuals domèstiques	300 mg/l.
Aigües residuals industrials	diversos milers

- **Demanda química d'oxigen** (DQO): és una mesura de l'oxidació duta a terme amb un oxidant químic estàndard, com el dicromat potàssic. La DQO dóna una idea del grau de contaminació tant orgànica com inorgànica. La relació entre els valors DBO<sub>5</sub> i DQO ens indica el tipus de contaminació en aigües residuals. DBO<sub>5</sub>/DQO menor de 0,2 ens informa d'un abocament de tipus inorgànic, mentre que si és major de 0,6 l'abocament és orgànic.
- **Carboni orgànic total**: és el contingut total de compostos orgànics, i s'obté mesurant el CO<sub>2</sub> produït per la mostra en un forn a alta temperatura.

**Indicadors biològics:** els **indicadors biològics** o **bioindicadors** es basen en l'avaluació dels organismes que permeten obtenir una estimació de la qualitat de l'aigua. Aquests indicadors, a diferència dels físics i químics, són el resultat de la interacció de molts factors diferents i donen una visió més global de l'estat general de l'aigua en un període més prolongat de temps.

Així, la presència de determinades substàncies en l'aigua o les variacions en les seves concentracions poden provocar diferents efectes en els organismes aquàtics. El control microbiològic de l'aigua es centra en les espècies patògenes per a l'home. Atès que buscar tot tipus de microorganismes patògens, per la seva diversitat, és costós i complicat, es realitza un control de l'aigua a través d'indicadors microbiològics de contaminació.



Principalment es comptabilitza els microorganismes d'origen fecal com coliformes, *Streptococcus* fecals i *Clostridium*. A la fotografia veiem bacteris *Clostridium*. Existeixen també altres indicadors biològics de contaminació, que són espècies que la seva presència és orientativa sobre els nivells de contaminació i les variacions en les poblacions per alteració del medi aquàtic.



Diferents espècies de diatomees

El mètode més utilitzat per avaluar la qualitat de l'aigua, anomenat **ecològic**, es basa en les necessitats ecològiques dels diferents organismes, de manera que, quan es modifica alguna de les condicions ambientals, es produeix un canvi en el nombre d'espècies (biodiversitat), en la seva abundància relativa o en el nombre d'individus. Així, la presència o absència de determinades espècies, la relació que tenen entre elles, o el nombre d'individus existents poden considerar indicadors de canvis que s'hagin produït, sempre a partir d'una referència. S'estableixen uns **índexs biòtics** o **biològics**.

Aquests indicadors són els que ens faciliten els mateixos éssers vius que habiten l'ecosistema. Cada espècie té unes característiques ecològiques per sobreviure. Quan aquestes característiques no són les òptimes, els organismes desapareixen o bé mostren els efectes de les possibles mancances. Això permet assignar a cada espècie un valor de sensibilitat, valor que s'usarà en el càlcul de l'índex. Els indicadors biològics són bons integradors de la qualitat. Indiquen la qualitat d'un període més o menys extens de temps (en funció de la vida mitjana dels organismes), i també responen a episodis curts però recurrents de contaminació. En rius i rieres, des del 2007 s'usen indicadors biològics de tres tipus, tots ells sotmesos a un procés europeu de calibratge que garanteix fiabilitat en la seva aplicació:

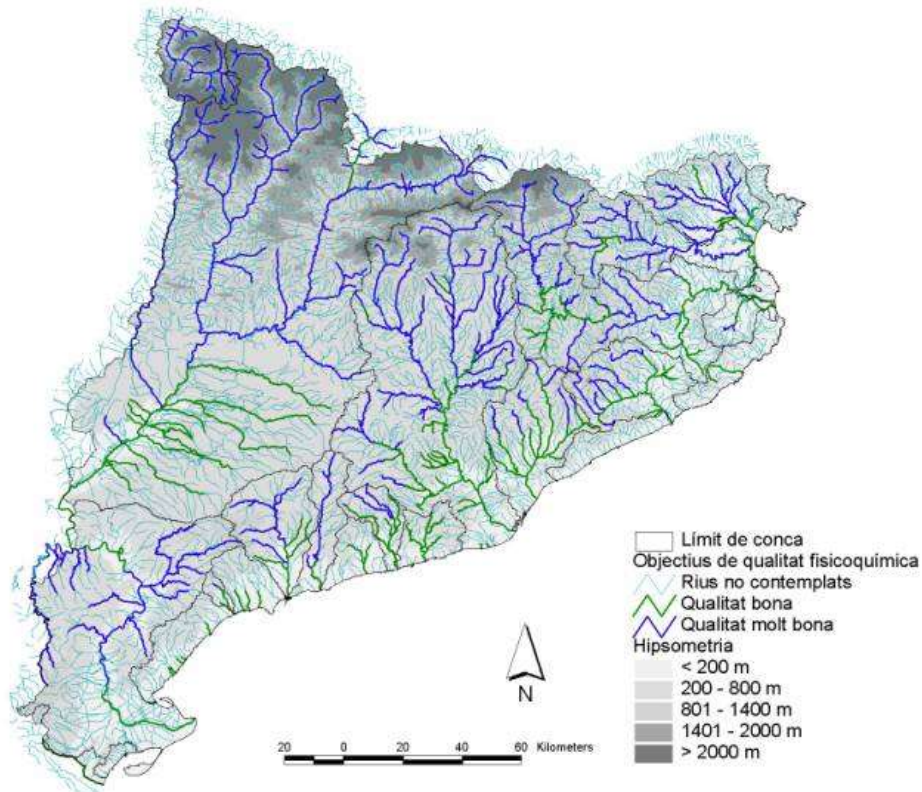
- Indicadors basats en les [algues diatomees](#).
- Indicadors basats en els [macroinvertebrats](#).
- Indicadors basats en els **peixos**.

**Índex de qualitat de l'aigua a Catalunya**

L'Índex de Qualitat de l'aigua, o WQI en anglès, indica el grau de contaminació d'una massa d'aigua en diferents punts i permet analitzar els seus canvis amb el temps. S'expressa en percentatge d'aigua pura. Per tant, el WQI està comprès entre un valor de 0% i 100%, sent 0% aigua altament contaminada i 100% aigua en excel·lents condicions.

Escala WQI de qualitat de l'aigua	
91-100:	Excelent qualitat
71-90:	Bona qualitat
51-70:	Qualitat mitja o promig
26-50:	Qualitat acceptable
0-25:	Aigua contaminada

Cal tenir en compte que l'aigua presenta com una de les seves propietats més importants la de poder regenerar l'equilibri dels seus elements físics, químics i biològics quan la contaminació no és excessiva. Els contaminants sofreixen un procés de dilució que constitueix el principal mecanisme **d'autodepuració de les aigües**. Per altre costat, la digestió biològica de la matèria orgànica ocupa un paper molt important en l'autodepuració, portant-se a terme fonamentalment per bacteris, que produeixen la degradació de la matèria orgànica existent per a la seva conversió en matèria inorgànica, que servirà com a nutrient a les algues, fent augmentar la seva activitat fotosintètica i enriquint d'O<sub>2</sub> l'aigua. També intervenen en aquesta autodepuració oligoquets i larves de dípters. La concentració de matèria orgànica no ha de superar els 0,5 grams per litre. L'**autodepuració** és un procés que té lloc aigües avall del punt on s'ha produït el vessament.



Mapa dels rius de Catalunya amb indicació de la seva qualitat l'any 2003

Amb el temps, les aigües tornaran a presentar les característiques que tenien abans del vessament. En aquest procés es donen reaccions de tipus fisicoquímic i biològic. Al llarg dels processos, els sòlids en suspensió procedents del vessament es van sedimentant, les substàncies solubles es dilueixen i la matèria orgànica és oxidada pels organismes aerobis. Tanmateix determinats bacteris patògens, metalls pesants i altres substàncies inorgàniques poden romandre molt més temps, com a contaminació residual i limitar, per tant, els usos de l'aigua fluvial.

Fins a l'any 2006, la qualitat de les aigües es va mesurar oficialment a Catalunya, mitjançant l'**índex simplificat de la qualitat de l'aigua (ISQA)**. Aquest índex es basa en diferents paràmetres: la temperatura, els sòlids en suspensió, l'oxigen dissolt, la conductivitat elèctrica i les demandes d'oxigen (DQO i DBO). Aquest índex pren valors entre 0 i 100, que es correspon amb una mínima i una màxima qualitat de l'aigua, respectivament.

Un dels problemes d'aquests índexs simplificats és que només tenen en compte unes determinades variables i en canvi no hi ha cap referència a la composició qualitativa, de manera que, per exemple, la perillositat que pot implicar la presència de metalls tòxics com el crom o el mercuri no es reflecteixen en aquest índex. En el [l'Agència Catalana de l'Aigua](#) pots trobar informació sobre la qualitat de l'aigua dels rius de Catalunya.

### Potabilització de l'aigua



Vista aèria de la planta potabilitzadora d'Abrera, Baix Llobregat, Catalunya

La **potabilització** és el conjunt de processos que transformen les aigües naturals en aptes per al consum, és a dir, potables. En ella s'eliminen o ajusten les concentracions dels seus components perquè no suposin un factor de risc per a la salut humana i no tinguin característiques organolèptiques repulsives. El tractament dependrà de les condicions de l'aigua de partida i de la xarxa que la distribuirà posteriorment. Pots veure el funcionament d'una potabilitzadora d'una manera entenedora en aquest [vídeo](#) sobre la planta de Sant Joan d'Espí. En resum, els principals processos que es poden donar en una **estació potabilitzadora d'aigües** són els següents:

**1.- Captació:** es poden considerar quatre modalitats d'aigua d'acord amb la seva captació, que condicionen el seu tractament per a fer-les potables. Aquestes són:

- **Aigües de precipitació**, pluja o neu: acostumen a ser potables, però és aconsellable la seva desinfecció.
- **Aigües superficials continentals**: en els rius la captura deu fer-se aigües amunt de la població que es va a abastir, en la part central del llit i pròxima a la superfície. En els llacs i embassaments es farà en zones airejades que afavoreixin l'autodepuració i pobres en substàncies flotants.
- **Aigües subterrànies, fonts, pous**: es podrien considerar pures, però en la pràctica no és així. Cal evitar l'arrossegament de terra pel bombament.
- **Aigua de mar**: pel seu elevat cost, no és aconsellable si existeix altra alternativa. A Espanya hi ha plantes dessaladores a Canàries i a Catalunya.

**2- Filtració:** per a eliminar la major quantitat de materials que per la seva grandària i naturalesa podrien crear problemes en tractaments posteriors. Es realitza mitjançant reixes i sedassos de diferent grandària, que es netegen periòdicament.

**3- Preoxidació:** s'introdueix en l'aigua un agent químic oxidant que reacciona amb les matèries orgàniques i inorgàniques dissoltes en l'aigua, susceptibles de ser eliminades per oxidació. Els agents oxidants normalment utilitzats són aire atmosfèric pel seu contingut en oxigen, clor, diòxid de clor, permanganat potàssic, ozó i aigua oxigenada.

**4- Predecantació:** en aigües superficials molt carregades en sorres o fang, amb o sense l'addició de reactius o floculants per fer que totes les partícules **col·loïdals**, (les quals, per la seva petita grandària i càrrega no sedimentarien mai, sent responsables, en gran mesura, del color i la torbesa de l'aigua) que duu l'aigua s'ajunten en coàguls i floculen, i afavorir la seva sedimentació en un temps adequat per simple gravetat.

**5- Aeració:** per a desprendre substàncies volàtils com CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>S o afavorir tractaments posteriors.

**6- Filtració en sorra:** en aquest procés es retenen les petites partícules que no han estat extretes en la decantació. Les petites partícules queden retingudes en els buits existents entre els grans de sorra, en passar l'aigua a través d'un jaç d'aquest material.

**7- Neutralització:** l'acidesa de l'aigua s'ajusta mitjançant l'addició de reactius químics apropiats (calç o sosa). L'objectiu és que el pas de l'aigua no corroeixi les canonades o provoqui deposició d'incrustacions a la xarxa de distribució.

**8- Desinfecció:** totalment necessària en aigües de consum públic, per a garantir el seu grau de potabilitat fins l'aixeta del consumidor. La seva finalitat és destruir els organismes patògens de transmissió hídrica. El procediment més estès és **la cloració**, atès que el clor és un poderós oxidant i desinfectant, és barat i fàcil de controlar, però presenta com inconvenient que aporta sabor desagradable a l'aigua. Per a disminuir els efectes negatius del clor s'utilitza una desinfecció mixta amb **ozó**, que és més efectiu i no produeix compostos tòxics, encara que és més car.

**9- Filtració sobre carbó actiu:** un filtre de carbó reté, en els seus microporus interiors, les molècules que poden donar a l'aigua dolents olors i sabors. El carbó pot ser utilitzat en pols o en gra.

**10- Estovament:** algunes aigües, per la seva duresa, han de ser sotmeses a un procés químic per a l'eliminació de les sals de calci i magnesi.

### La depuració d'aigües residuals

L'aigua s'ha de reciclar, recuperar, regenerar, reutilitzar,... en una paraula **depurar**. Si la agafem del medi ambient neta, l'hem de tornar neta al medi ambient. Les **aigües residuals** són les aigües brutes que resulten després de ser utilitzades amb diferents finalitats, com neteja, processos industrials molt diversos, etc. La depuració de les aigües residuals és el procés de tractament de les aigües brutes abans de tornar l'aigua al medi natural, és per tant una mesura correctora, en el sentit en que parlàvem abans. Els sistemes de depuració consisteixen a sotmetre les aigües residuals a una sèrie de processos que n'eliminen o en disminueixen la càrrega contaminant. Ho podem veure en aquest [vídeo](#) i en [aquesta](#) animació podem veure el funcionament de les depuradores.

Els sistemes de depuració de les aigües contaminades o residuals consisteixen en una sèrie de procediments que tracten de retornar a l'aigua, una vegada emprada per a diferents usos, a unes característiques físiques, químiques i biològiques molt semblants al seu estat natural, o almenys amb unes característiques que facin possible que el receptor i els seus mecanismes d'autodepuració recuperin l'estat natural.

**Sistemes de depuració natural:** els sistemes de depuració natural es basen a reproduir els processos d'autodepuració sota condicions especials, com per exemple les **basses artificials**. Aquests mecanismes requereixen poca despesa d'instal·lació i manteniment, ja que no utilitzen equips mecànics o elèctrics, i són adequats per a zones amb pocs recursos econòmics. Entre els mètodes emprats destaquen la construcció de llacunes artificials, poc profundes, que s'omplen amb l'aigua objecte de depuració. Aquesta hi roman durant mesos, en els quals té lloc una sedimentació de materials sòlids en suspensió i una degradació de la matèria orgànica per via aeròbia o anaeròbia, portada a terme en dos tipus de llacunes diferents pels microorganismes presents en l'aigua. El

temps i l'acció d'aquests microorganismes duu a una depuració de l'aigua contaminada.





*Vista aèria d'una estació depuradora d'aigües residuals*

**Sistemes de depuració tecnològica:** la depuració tecnològica es realitza per mitjà d'un conjunt de mecanismes existents en les **estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR)**, en les quals s'utilitza una sèrie de processos físics, químics i biològics, combinats o aïllats, amb la finalitat d'aconseguir una concentració o transformació dels contaminants presents en l'aigua residual, de forma que aquests puguin ser eliminats o reduïts, i es retorni al receptor aigua amb alteracions mínimes. Aquests sistemes requereixen unes inversions grans en instal·lacions, equips i energia, per aquest motiu existeixen dificultats per a una major extensió de la seva aplicació en països o poblacions amb baixa potencialitat econòmica i social. L'avantatge que presenten respecte als sistemes de depuració natural és la major rapidesa i major volum de la depuració.

No totes les instal·lacions i equips de les plantes depuradores són iguals, ja que les característiques i processos que realitzen depenen de la naturalesa de l'aigua residual a depurar, és a dir, si és procedent exclusivament d'usos domèstics o si conté abocaments agrícoles i industrials, i del volum d'aigua residual a depurar ( $m^3/\text{dia}$ ).

El procés global segueix la seqüència de tractament següent:

- **La línia d'aigua.** És el camí que fa l'aigua residual des de la seva arribada a la instal·lació, passant per diversos tractaments, fins al seu abocament final al receptor.
- **La línia de fangs o llots.** És el resultat de concentrar els contaminants presents en l'aigua residual, que segueixen un recorregut diferent dintre de la depuradora i tenen altres tractaments.
- **La línia de gas.** Està formada pel procés al que és sotmès el biogàs generat en el tractament dels llots o fangs.

Els tractaments que constitueixen **la línia d'aigua** són els següents:

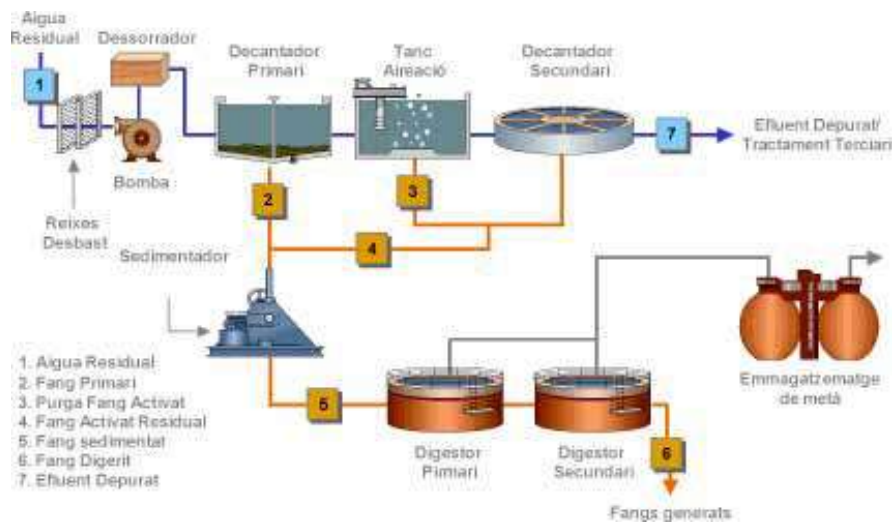
1. **Pretractament.** És la separació de sòlids en suspensió o flotants de gran mida i densitat, com draps, pals, fulles, plàstics, sorres, pedres, que arriben al col·lector

d'entrada de l'estació depuradora. Es realitza amb reixes i garbells seguit de dessorradors i desgreixadors.

**2. Tractament primari o fisicoquímic.** Consisteix en la separació, per mitjans físics, de sòlids en suspensió i material flotant que no han estat retinguts en el pretractament.

- **Sedimentació primària:** té lloc als decantadors primaris, una espècie de piscines on se separen per gravetat els sòlids en suspensió de major densitat (60% dels sòlids en suspensió i 30% de la matèria orgànica); els fangs decantats són retirats periòdicament i passen a la línia de fangs.
- **Flotació amb aire:** s'introdueixen bombolles fines d'aire en l'aigua residual per eliminar sòlids en suspensió i greixos amb una densitat pròxima a la de l'aigua.
- **Coagulació i floculació:** les partícules col·loïdals presents en l'aigua es desestabilitzen amb l'ajuda de coagulants i s'agrupen en flòculs que són retirats per decantació o flotació.
- **Neutralització:** ajusta el pH a un valor idoni per als tractaments posteriors.

**3.- Tractament secundari.** És un conjunt de processos biològics duts a terme per microorganismes, per eliminar la matèria orgànica present en l'aigua residual i per reduir la Demanda Biològica d'Oxigen (DBO). La reacció es basa en la descomposició aeròbia de la matèria orgànica, de forma semblant al que passa de forma natural als rius: autodepuració.



Esquema d'una depuradora

- **Fangs actius:** consisteix a col·locar l'aigua residual en dipòsits de grans dimensions sota condicions aeròbies, de manera que els bacteris presents en l'aigua o les que s'afegeixen per a agilitar el mecanisme, degraden la matèria orgànica mitjançant processos d'oxidació. Per a això es necessita un aportació d'oxigen que es realitza mitjançant turbines o difusors. Això dona lloc al



creixement de microorganismes (bacteris, fongs, etc.) que són eliminats per un sistema de decantació secundària. Amb aquest procés s'elimina un 90% de la DBO.

- **Fangs bacterians:** consisteix en fer passar l'aigua residual per un filtre de uns quants metres d'alt ple de pedres que presenten bacteris descomponedors en la seva superfície.
- **Desinfecció:** és un tractament final destinat a evitar problemes de salut a causa de l'existència de bacteris i virus patògens en l'aigua. S'apliquen processos com la cloració, que empra clor en forma de gas, i l'ozonització.

4.- **Tractament terciari:** tenen com a finalitat eliminar determinats contaminants específics que romanen després del tractament secundari, com són els metalls pesants, el P, el N, isòtops radioactius, etc.; s'utilitzen diversos mètodes específics (intercanvi iònic, ultrafiltració, osmosi inversa, etc.) que són molt cars, de manera que solament s'utilitzaran quan sigui necessari. Com resultat dels processos a que ha estat sotmesa l'aigua residual, s'ha originat una concentració de contaminants, d'aparença líquida, que es denominen **fangs o llots**, el tractament dels quals es realitza en la **línia de fangs** i que són el següents:

**1.- Espesseïment de fangs:** amb la finalitat de reduir el volum dels mateixos, eliminant la major part de l'aigua que contenen, el que facilita el seu ús i el rendiment dels tractaments posteriors. Per a això s'empren els espesseïdors, que es basen en mecanismes de gravetat o flotació.

**2.- Destrucció de la matèria orgànica:** present en el fangs. Aquest procés es pot realitzar per via aeròbia (amb oxigen) o anaeròbia (sense oxigen). En l'estabilització aeròbia es produeix l'oxidació de la matèria orgànica present en els fangs, per a això es necessita una aportació d'oxigen, i s'aïregen els fangs de forma que els microorganismes puguin actuar. En l'anaeròbia s'obtenen gasos, com el metà i el diòxid de carboni, que formen l'anomenat **biogàs**, utilitzat en l'actualitat en alguns processos industrials com a combustible. El gas resultant de la digestió de fangs constitueix també pot ser reutilitzat per a aportar part de l'energia que la planta depuradora necessita per al seu funcionament. El gas que no és utilitzat se sol cremar en una torxa que tenen moltes plantes depuradores.

**3.- Deshidratació:** mitjançant assecat, filtres premsa i centrifugació, per a eliminar l'aigua que encara contenen els fangs. Aquests poden ser recollits per al seu trasllat a abocadors (**evacuació**), o sofrir processos **d'incineració** o **fabricació de compostatge** per a la seva posterior aplicació a l'agricultura, sempre que no continguin elements tòxics.

Al web del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya podem trobar molta informació sobre [les depuradores en servei a Catalunya](#) i podeu veure si n'hi ha a la vostra població. [Aquí](#) podreu “visitar” la depuradora de Balaguer. A sota, vista parcial de la depuradora de Sant Fruitós de Bages.