



Universitat Autònoma  
de Barcelona

# LA CREACIÓ D'UN PASSIU AMBIENTAL A CATALUNYA

Història de la planta química de Flix al riu Ebre (1897-2013)



## TESI DOCTORAL

MARTA PUJADAS I GARRIGA

### Directors

Dr. Agustí Nieto-Galan

Dr. Joan Martínez Alier

Programa de Doctorat en Ciència i Tecnologia Ambientals  
Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA)

Maig de 2015

## L'herència ambiental del segle XXI

La gran diversitat de productes fabricats a Flix i la gran dispersió de contaminants que s'ha produït al llarg del segle com a conseqüència de l'activitat de l'electroquímica ha generat una llista d'impactes més o menys severos que no poden ser obviats encara que vulgui posar-se per davant els múltiples beneficis que ha generat l'activitat productiva. Si bé fins als anys 1940s els volums de producció i el risc ambiental associat als productes fabricats, junt a la capacitat encara del medi d'absorbir bona part de les pertorbacions generades, comportava l'existència d'uns fluxos contaminants d'una importància relativa, la desaparició posterior d'aquestes condicions comportà que els efectes de la producció esdevinguessin cada cop de major magnitud. D'aquesta manera el medi hídric, els sòls, l'atmosfera o els mateixos ecosistemes que en formen part han patit un conjunt de transformacions que els ha dut a perdre la seva riquesa biològica i a degradar-se, fins a perdre bona part dels valors naturals i ecològics que havien mostrat en altres èpoques. També la salut de la població s'ha vist afectada, tot i que com veurem en aquest apartat, encara no hi ha un consens clar sobre aquest fet.

L'objectiu d'aquest capítol doncs, és realitzar la descripció dels impactes més importants que han arribat fins als nostres dies com a conseqüència de l'activitat històrica de la fàbrica de producció electroquímica de Flix i que són una part important també de l'herència que aquesta activitat econòmica ha deixat al territori i a la seva gent. Concretament es plantejaran quatre aspectes: la degradació de l'ecosistema fluvial del tram baix de l'Ebre com a conseqüència de la pèrdua de qualitat de les seves aigües i la davallada dels cabals que això ha provocat en alguns trams; la muntanya de fangs contaminats acumulats al llit del riu pels abocaments industrials continus realitzats al llarg del segle i que a partir dels anys 1940s quedaren atrapats a l'embassament; la contaminació generalitzada de l'emplaçament industrial i altres parcel·les utilitzades històricament per la fàbrica per emmagatzemar productes fora d'ús o per eliminar els productes residuals del procés; i l'afectació sobre la salut de la població de la dispersió a l'aire i l'aigua de compostos organoclorats i mercuri procedents dels processos de fabricació.

### **La degradació de l'ecosistema fluvial**

El tancament del riu per a la construcció de la nova central hidroelèctrica a mitjans dels anys 1940s significà l'alteració permanent de la dinàmica sedimentològica i granulomètrica del riu. Les propietats ecològiques de l'ecosistema fluvial quedarien alterades i es propiciaria la seva degradació fins al punt que amb els anys, el paisatge a l'entorn del municipi canviaria la seva configuració (Hijós *et al.*, 2006). Més enllà de Flix, durant la dècada dels 1960s l'increment de la

producció energètica al conjunt de la conca, que propicià la construcció dels nous embassaments de Riba-roja i Mequinensa (així com els nous sistemes de captació d'aigua que es construïren als anys 1980s per a la producció de la central nuclear d'Ascó aigües avall del municipi) acabarien de redefinir el perfil natural del riu, laminant els cabals de l'Ebre i regulant-ne les crescudes naturals<sup>189</sup>. La laminació del flux de l'aigua alterà la hidrologia, la geomorfologia i l'ecologia del riu, modificant la magnitud, la sincronització i la durada dels cabals, la dinàmica dels sediments, el règim de temperatures de l'aigua i la seva geoquímica<sup>190</sup>. Si bé fins llavors els abocaments i vessaments al riu procedents dels processos de producció eren arrossegats aigües avall (fenomen potenciat per les crescudes periòdiques del riu, algunes de les quals de gran magnitud) a partir d'aquell moment la resclosa constituí un obstacle difícilment salvable pels contaminants que començaren a acumular-se al llit del riu. Als anys 1960s la muntanya de fangs ja era visible. Les dimensions que assolí comportaren l'obstrucció del pas del corrent en un 60% a principis del segle XXI<sup>191</sup>.

La fàbrica perdria una part dels seus terrenys amb la construcció de l'embassament. Amb els anys aconseguí recuperar-los parcialment procurant l'emplenament de les zones riberenques amb fangs i materials de construcció residuals de la fàbrica. En canvi, l'increment de cota produïda pel tancament de l'embassament, que elevà el nivell de l'aigua quasi sis metres, així com les fluctuacions del cabal provocades per l'estratègia reguladora de la producció de la central, provocaren un fenomen d'inundacions periòdiques de les ribes del riu que feu aparèixer una zona d'aiguamolls amb un valor naturalístic significatiu. Aquest espai fou inclòs en el Pla d'Espais d'Interès Natural l'any 1992 com a Reserva Natural de Sebes i declarat Reserva Natural de Fauna Salvatge l'any 1995 (Fig. 21).

El tancament del riu comportà també l'estrangulament del meandre de Flix, un espai de gran valor naturalístic ubicat aigües avall de la fàbrica que l'any 2001 fou inclòs en el Catàleg de Zones Húmedes de Catalunya (Fig. 22). L'aigua era desviada del riu a l'alçada de les instal·lacions just abans de l'entrada del meandre i alliberada novament cinc quilòmetres aigües avall, un cop superada la zona de turbines i el propi meandre. El cabal circulant per aquest espai es reduí dràsticament, quedant supeditat a les necessitats de producció de la pròpia central. Quan l'Ebre es trobava en el seu pitjor moment hidrològic de l'any, la concessió de la central coincidia amb el cabal de baixada, fent que la pràctica totalitat de l'aigua evacuada pel sistema fos conduïda cap al canal de derivació. Aquesta combinació de factors comportà diversos efectes negatius sobre l'ecosistema del meandre com l'aportació excessiva de nutrients en trams d'aigua estancada, la proliferació de vegetació aquàtica, l'increment de la terbolesa i l'eutrofització de l'aigua, la proliferació d'espècies exòtiques invasores o l'erosió dels marges

<sup>189</sup> Els embassaments de Riba-roja (1966) i Mequinensa (1969) es construïren sota la titularitat d'ENDESA. L'embassament de Flix en canvi, no passaria a ser de la seva propietat fins l'any 1999, moment a partir del qual la companyia elèctrica tindria la capacitat de controlar i incidir totalment en la dinàmica fluvial del tram baix del riu Ebre.

<sup>190</sup> La regulació de les centrals provocà que al llarg del segle XX es generés una reducció de la mitjana anual del flux de l'aigua al tram baix de l'Ebre del 29%, atribuïda a la irrigació i l'evaporació en els embassaments (Batalla i Vericat, 2009).

<sup>191</sup> A principis de segle es produïren crescudes històriques de l'Ebre com l'ocorreguda l'any 1907. Més avançat el segle XX noves crescudes s'afegirien a les tradicionals riuades de l'Ebre (la més important al 1937). A partir de la construcció dels embassaments deixaren de ser una amenaça.





Fig. 21 Detalls de la Reserva Natural de Sebes  
M. Pujadas (2013)





Fig. 22 Vistes esquerra i dreta del meandre de Flix  
M. Pujadas (juny de 2013)

per canvis en la dinàmica fluvial<sup>192</sup> (Jiménez, 2004; Ibáñez *et al.*, 2008).

En conjunt, l'estructura i funcions de les comunitats de l'ecosistema en aquest tram del riu fins al Delta patiren una forta transformació que s'accentuaria durant la segona meitat del segle XX.

<sup>192</sup> L'estat de degradació del meandre i la insistència dels responsables de la reserva obligaren finalment l'administració estatal a plantejar un projecte de recuperació de l'espai natural finançat amb fons públics per un valor de 7 milions €. Part del projecte contemplava l'establiment d'un protocol de règim d'avingudes periòdiques gestionat per la pròpia hidroelèctrica per la neteja del riu que no es compliria en les condicions establertes de freqüència i cabals. La seva mala gestió comportà en diverses ocasions inundacions en els municipis aigües avall de Flix (de Miravet a Tortosa) provocant importants danys materials (Jiménez, 2004).

Es produïren processos d'homogeneïtzació, pèrdua de diversitat i empobriment de l'ecosistema que condicionaren a més, les seves funcions ambientals. Les alteracions hidrològiques i l'estrès antropogènic provocat per l'acumulació de contaminants comportà la substitució d'espècies autòctones més sensibles a la contaminació per compostos orgànics persistents i metalls pesants. Espècies com la nàiade, en clar procés de retrocés, havien deixat pas a d'altres de forànies com el musclo zebra o la cloïssa asiàtica. Espècies de peixos al·lòctons com el silur europeu, menys sensible als fenòmens de contaminació, havien desplaçat algunes de les espècies històriques pròpies de la regió com l'esturió atlàntic que s'havia extingit o la saboga que es trobava en procés de desaparició degut, a més, a les barreres imposades per les preses i assuts<sup>193</sup> (Cid, 2010).

Les noves espècies mostraven elevats nivells d'acumulació en teixits orgànics de diferents compostos produïts a Flix o de subproductes dels processos de fabricació, deixant entendre l'elevat nivell de dispersió dels contaminants que podia existir entre les diferents comunitats. Es podien detectar concentracions importants de compostos organoclorats i també de metalls pesants en diferents estrats de la cadena tròfica. En macroinvertebrats bentònics com *Ephoron virgo* o *Hydorpyche sp.*, característics de l'Ebre, es detectaven els efectes de la bioacumulació de metalls pesants especialment mercuri, cadmi i zinc en els exoesquelets, tot i que la muda a la què se sotmetien anualment impedia la transferència a les generacions posteriors. També en adults d'*Ephoron virgo* es detectaven els efectes de la bioacumulació per compostos organoclorats com els PCBs, l'HCB o el 4,4'-DDE. En cranc de riu (*Procambarus clarkii*) també es trobaven concentracions de metalls pesants superiors a les permeses per al consum humà, especialment per mercuri. En estrats superiors, diferents espècies de peix com els silurs (*Silurus glanis*), les carpes (*Cyprinus carpio*), les madrilletes (*Rutilus arcasii*) i els barbs (*Barbus graellsii*) mostraven unes concentracions significatives d'aquests compostos, especialment alguns congèneres de PCBs assimilables a dioxines, DDTs totals i clorbenzens en menor concentració<sup>194</sup>. La majoria d'espècies mostraven respostes biològiques a l'acumulació de contaminants i tot i que si bé en termes globals no podia mostrar-se un efecte tòxic directe, sí es podien detectar diversos efectes subletals, especialment alteracions en el comportament, així com alteracions significatives en la fecunditat (Lacorte *et al.*, 2006; Eljarrat *et al.*, 2008; Cid *et al.*, 2008; Lourencetti *et al.*, 2008a; 2008b; Suárez *et al.*, 2008; Soto *et al.*, 2008; Barata *et al.*, 2008; 2010; Huertas i Grimalt, 2008; Bosch *et al.*, 2009; Navarro *et al.*, 2009; Cid, 2010; Benejam *et al.*, 2010; Olivares *et al.*, 2010).

També en determinades espècies d'avifauna com l'Agró roig (*Ardea purpurea*) o el Martinet blanc (*Egretta garzetta*) es detectà un fenomen d'acumulació important de metalls pesants, especialment el mercuri. Segons mostraven alguns estudis realitzats al Delta, elevades concentracions del metall podien comportar una reducció del gruix de les closques dels ous generant un efecte important en el seu desenvolupament. Des d'aleshores, diversos estudis

<sup>193</sup> En els darrers deu anys s'ha posat de manifest una certa millora de la qualitat físic-química de l'aigua del tramb baix de l'Ebre, però ha empitjorat la seva qualitat biològica i hidromorfològica (Ibáñez *et al.*, 2008; Batalla *et al.*, 2009).

<sup>194</sup> Entre 1996 i 2003 s'havia detectat a l'alçada d'Ascó individus amb concentracions superiors als estàndards establerts per l'Organització Mundial de la Salut (OMS) com a garantia per al consum humà: 1,64 µg/g respecte als 0,5µg/g establerts per l'OMS (Terrado *et al.*, 2006).

mostraren una afectació declarada del mercuri i altres metalls pesants sobre la fauna de l'embassament corroborant la vinculació entre l'activitat de la fàbrica i les seves altes concentracions en la fauna de Flix<sup>195</sup> (Cotín *et al.*, 2008a, 2008b; Montouri *et al.*, 2006; Batista *et al.*, 1996).

L'any 2006 Terrado *et al.* caracteritzaren l'estat de qualitat ecològica del riu Ebre així com les causes que generaven els principals factors d'impacte ambiental. Al llarg de la conca es podien diferenciar uns patrons de contaminació en funció del grau i tipus d'activitat antròpica a la que la zona d'estudi havia estat sotmesa històricament. A la part baixa de l'Ebre, de Montsó al Delta, fonts puntuals de contaminants orgànics i metalls pesants eren la causa de la detecció d'altres concentracions de pesticides, metalls com el mercuri, el cadmi, el zenc o l'arsènic, així com de compostos organoclorats com l'hexaclorobenzè (HCB), l'hexaclorobutadiè (HCBu), els hexaclorociclohexans (HCHs) o els triclorobenzens (TCBs) (Terrado *et al.*, 2006). L'agricultura i les activitats industrials eren les principals responsables d'aquest fenomen de contaminació que a més, causava greus problemes a la zona deltaica on els cultius, principalment arrossars, i els vivers de marisc, les muscleres especialment, notaven els efectes de l'acumulació d'aquests contaminants. Per la seva banda, Grimalt *et al.* (2004) havien demostrat que els nivells de contaminació detectats al tram baix de l'Ebre estaven totalment relacionats amb diferents activitats industrials, entre les quals les fàbriques de Flix hi tenien un paper destacat. Les concentracions de diversos d'aquells compostos es podien relacionar fàcilment amb la seva activitat i a més, podien trobar-se també elevats valors dels mateixos en els sediments acumulats a l'embassament, en la zona propera a les instal·lacions. D'aquesta manera quedava demostrada la important contribució de l'activitat productiva de les fàbriques d'Erkímia a la contaminació generalitzada que es detectava al tram baix de l'Ebre, des de Flix fins al Delta.

### Contaminació química de l'Ebre

A partir dels anys 1990s el municipi es convertí en un focus de recerca. Durant anys, els flixancos havien vist com l'amplitud de l'Ebre al seu pas per la fàbrica s'anava reduint per l'aparició d'un monticle que prèviament no existia i que amb els anys anava obstruint el pas del corrent del riu. La intervenció de les administracions posà de manifest l'existència d'un problema ambiental important a l'embassament i els estudis sobre l'impacte ambiental de la contaminació química es multiplicaren<sup>196</sup>.

L'estudi realitzat pel CSIC i un equip d'investigadors de la Universitat Autònoma de Barcelona per encàrrec de la Generalitat de Catalunya fou clau per caracteritzar el grau de contaminació dels fangs<sup>197</sup>. Els seus resultats permeteren identificar l'origen dels materials i situaren els

---

<sup>195</sup> Molts estudis han demostrat en l'última dècada la incidència real de l'activitat de la fàbrica en la concentració de metalls pesants al llarg de la conca de l'Ebre, usant diferents mètodes i bioindicadors i demostrant l'existència de fenòmens de transport aeri o per mitjà de vectors biològics dels compostos tòxics presents a l'ambient o les partícules dels sediments (Carrasco *et al.*, 2008; Cid *et al.*, 2010; Terrado *et al.*, 2006).

<sup>196</sup> Des d'Amaral l'any 1996 (Amaral *et al.*, 1996) a Olivares l'any 2010 (Olivares *et al.*, 2010) entre d'altres autors alertaren que especialment l'acumulació de COPs en els fangs de l'embassament estava comportant un fort impacte ambiental, especialment important en el tram de 50 km comprés entre l'embassament i l'assut de Xerta, aigües avall de Flix.

<sup>197</sup> L'estudi havia estat coordinat per Joan O. Grimalt, cap del Departament de Química Ambiental de

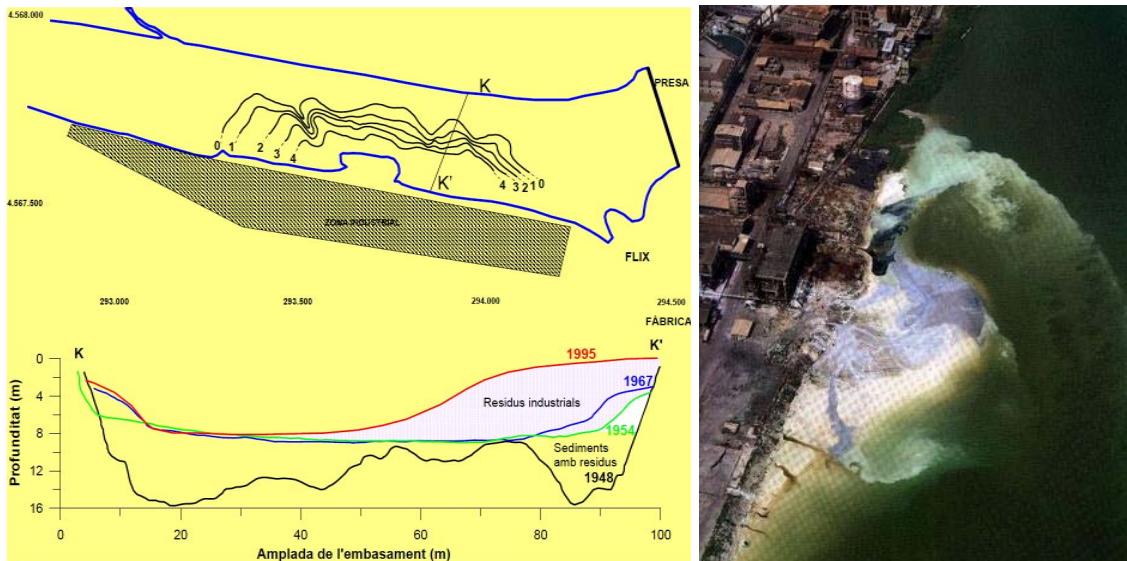


Fig. 23 Planta i perfil de la muntanya de contaminants i vista aèria  
Grimalt et al. (2004); Folch (1993)

abocaments realitzats per la fàbrica des dels anys 1940s com la principal causa de la seva acumulació (Fig. 23). El volum de fangs acumulats s'estimà en unes 700 mil tones de les quals entre 200 mil i 360 mil eren sediments submergits. La caracterització mostrà l'existència de quantitats significativament importants de metalls pesants i compostos organoclorats, a més d'elevats nivells de radioactivitat. Les conclusions de l'informe mostraren que els nivells de contaminants trobats a l'embassament representaven «un perill evident de contaminació massiva de tot el tram de l'Ebre situat aigües avall» (Grimalt *et al.*, 2004; Masqué i Casacuberta, 2009).

L'estudi analitzà diversos compostos organoclorats, metalls pesants i radionúclids (Taula 5). Les concentracions més elevades es detectaren per policlorobifenils (PCBs), hexaclorobenzè (HCB), pentaclorobenzè (PeCB), diclorodifeniltricloroetans (DDT), policloronaftalens (PCNs) i policloroestirens (PCEs). Entre els metalls destacaven per la seva perillositat les concentracions molt elevades de mercuri, tot i que els nivells de contaminació per crom, níquel i cadmi, i en menor mesura per zenc, també eren significatius. La presència d'aquests darrers es podia vincular a les aportacions de residus del mineral de fosfat emprat per a la producció de pinsos, mentre que el mercuri estava relacionat amb les cel·les electrolítiques. En valors absoluts, es podien observar acumulacions d'entre 10 i 70 tones dels metalls més abundants i entre 1 i 10 tones dels compostos organoclorats majoritaris. Però si bé aquesta quantificació estava feta sobre els sediments submergits, els emergits, no contemplats, podien fer elevar significativament la quantitat absoluta de tòxics presents a l'embassament, perquè representaven més del 50% de la muntanya de fangs. El mineral de fosfat havia afegit la contaminació per radionúclids en els mateixos sediments. Els més significatius eren  $^{238}\text{U}$  i els elements de la seva cadena de desintegració. En valors absoluts es comptaven a l'embassament nivells d'activitat radioactiva de l'ordre de  $380 \times 10^9$  a  $730 \times 10^9$  Bq d' $^{238}\text{U}$ , de

l'Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua (IIQB-CSIC, actualment IDAEA-CSIC) i Albert Palanques, de l'Institut de Ciències del Mar. Hi havia col·laborat també Pere Masqué, del Departament de Física de la Universitat Autònoma de Barcelona (Grimalt *et al.*, 2004).



Compost	Tones	Radionúclids	Becquerels
Metalls pesants		Quantitats absolutes (Bq x 10 <sup>9</sup> )	
Mercuri	10-18	<sup>238</sup> U	380-730
Crom	42-76	<sup>226</sup> Ra	240-420
Níquel	13-24	<sup>210</sup> Pb	130-240
Zenc	22-40	Concentració màxima (Bq/kg)	
Cadmi	0.5-0.8	<sup>238</sup> U	11.700
Compostos orgànics		<sup>226</sup> Ra	9.400
Pentaclorbenzè	2-3	<sup>210</sup> Pb	3.500
Hexaclorbenzè	4-7	Concentració mitjana (Bq/kg)	
Hexaclorociclohexans	0.02-0.03	<sup>238</sup> U	1.010
Diclorodifeniltricloroetans	0.3-0.5	<sup>226</sup> Ra	560
Policlorobifenils	8-16	<sup>210</sup> Pb	390
Policloroestirens	0.07-0.13	Concentració màxima en tram no contaminat (Bq/kg)	
Policloronaftalens	0.2-0.4	<sup>238</sup> U	130
		<sup>226</sup> Ra	76
		<sup>210</sup> Pb	57

Taula 5 Caracterització de contaminants en els sediments de l'embassament Grimalt *et al.* (2004)

240 x 10<sup>9</sup> a 420 x 10<sup>9</sup> Bq de <sup>226</sup>Ra i entre 130 x 10<sup>9</sup> i 240 x 10<sup>9</sup> Bq de <sup>210</sup>Pb, amb unes concentracions mitjanes de 1.010 Bq/kg de sediment, 560 Bq/kg i 390 Bq/kg respectivament. En els trams no contaminats dels testimonis mostrejats el nivell d'activitat era de l'ordre de 90, 124 i 61 vegades inferiors a les màximes detectades en els mateixos testimonis (130 Bq/kg <sup>238</sup>U, 76 Bq/kg <sup>226</sup>Ra i 57 Bq/kg <sup>210</sup>Pb respectivament) (Grimalt *et al.*, 2004).

Els metalls pesants com el mercuri i el cadmi havien estat transferits aigües avall fins a la desembocadura de l'Ebre. També passava amb alguns organoclorats, especialment l'hexaclorobenzè i els policlorobifenils, i en menor mesura els policloroestirens i policloronaftalens, que presentaven concentracions altes al llarg del riu. L'HCb i el PeCB (els components majoritaris dels fangs després dels PCBs) mostraven els valors més alts a l'embassament, mentre que els PCBs i els DDTs eren principalment detectats passat el meandre (Grimalt *et al.*, 2004; Bosch, 2009; Olivares *et al.*, 2010).

Diversos estudis mostraren la presència d'aquests compostos a tota la conca de l'Ebre afectada per altres activitats de producció similars (a més de les produccions agrícoles que podien ser una font important de DDTs). Tanmateix, els valors més elevats sempre eren detectats a Flix. El nivell de PCBs estava fins i tot per damunt d'altres zones altament contaminades com Doñana o el riu Guadalquivir, mentre que les dioxines, furans i PCBs assimilables mostraven uns nivells de concentració gairebé deu vegades superiors als nivells de seguretat establerts per l'OMS<sup>198</sup> (Eljarrat *et al.*, 2008; Fernandez *et al.*, 1998).

La persistència d'aquests compostos quedava corroborada en no detectar-se cap alteració de la concentració en funció del temps d'acumulació. En el cas del DDT a més, es podia observar l'efecte de la dispersió atmosfèrica sobre els terrenys propers a les instal·lacions. Els sòls semblaven acumular certes concentracions del compost procedent de partícules dels sediments (Bosch, 2009). L'arrossegament aigües avall quedà novament demostrada en

<sup>198</sup> Àrees amb característiques similars com Barbastro o Montsó, amb una forta implantació industrial, no mostraven aquests nivells de contaminació (Eljarrat *et al.*, 2008).

detectar concentracions significativament elevades en organismes aquàtics del tram baix de l'Ebre, constituint un important vector d'entrada dels contaminants a la cadena tròfica (Batalla i Vericat, 2009).

En relació a l'activitat radioactiva dels fangs, diferents estudis posaren en evidència la dispersió d'aquestes partícules també a l'entorn de Flix. Tanmateix, en els sediments aigües avall de l'embassament no es detectà una concentració de radionúclids que pogués considerar-se rellevant<sup>199</sup> (Costa, 2004). A l'embassament els sediments mostraven concentracions de <sup>226</sup>Ra i <sup>238</sup>U set i catorze vegades respectivament superiors a l'activitat radioactiva de la fosforita original del procés del FBC, mostrant l'existència d'un fenomen d'enriquiment. A la vegada, aquestes concentracions eren de l'ordre de 92 i 308 vegades respectivament superiors als nivells naturals mitjans presents al llit del riu en la part baixa de l'Ebre, i 38 vegades en el cas del <sup>210</sup>Pb. Però el fet que aquests elements provinguessin de la roca fosfòrica original els donava la consideració de NORM (*Naturally-Occurring Radioactive Material*)<sup>200</sup>. Per aquest tipus de materials, la legislació espanyola i europea vigents no establia límits de concentració permesos al medi. Al ser elements radioactius naturals no eren considerats residus i per tant, estaven exempts d'aquest tipus de regulació. No es considerava des del punt de vista legislatiu l'impacte que podia tenir la introducció d'activitat radioactiva en zones naturals on prèviament aquesta no existia.

En el cas dels NORM l'únic paràmetre que es podia trobar regulat era la dosi d'exposició que causaven al personal professional i la població en general. Per aquest motiu, Casacuberta *et al.* (2009) realitzaren una revisió dels processos productius per determinar el flux de sortida cap al producte final d'aquests elements. Amb aquest objectiu realitzaren diversos assajos en mostres de productes comercialitzats per diferents fabricants per determinar el grau de risc real per la salut humana que això podia comportar. Es constatà el fet que els isòtops radioactius que es dispersaven al medi també eren incorporats al producte final mitjançant la seva transferència durant les diferents etapes del procés de transformació. En tots els casos analitzats, els nivells d'activitat radioactiva que mostraven els productes finals estaven molt per sota dels nivells

<sup>199</sup> No passava el mateix en la zona del meandre on es detectà que la concentració de <sup>226</sup>Ra incrementava significativament. Si bé el valor de referència a la sortida de l'embassament de Ribarroja era de 3 Bq/m<sup>3</sup>, a l'embassament de Flix aquest valor pujava a 8 Bq/m<sup>3</sup> i just a la sortida del meandre assolía un màxim absolut de 37,5 Bq/m<sup>3</sup>, 12 vegades més elevada que a la sortida de Ribarroja. Passat el punt on les aigües de sortida de la central hidroelèctrica tornaven a l'Ebre, per sota d'on es detectava aquest màxim, el contaminant recuperava valors més propers als de l'embassament i als de la mitjana del tram baix del riu. L'efecte de dilució del cabal afavoria aquest fenomen. Però es posà en evidència l'elevat impacte que en èpoques de sequera estival podia arribar a tenir l'acumulació d'elements radioactius en la zona del meandre (Costa, 2004).

<sup>200</sup> Radionúclids que es troben a la litosfera i que no són nocius a causa de la seva inaccessibilitat, però que després d'un tractament industrial es concentren en forma de material residual que s'emmagatzema o s'aboca al medi (Costa, 2004). La primera classificació dels fangs de l'embassament en funció de la seva activitat radioactiva, realitzada pel grup d'experts de la Universitat Autònoma de Barcelona que participà en l'estudi de caracterització dels fangs encarregat per la Generalitat l'any 2004 fou com a TENORM (*Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactivity Materials*), fet que fa dubtar sobre la claredat de la normativa existent (Grimalt *et al.*, 2004). Aquesta apreciació fou corroborada posteriorment pels responsables de l'estudi. Entrevista a P. Masqué [12.11.2009] (M. Pujadas).

considerats perillosos per la salut humana. En el cas de mostres similars a les fabricades a Flix, mostraven una activitat baixa per  $^{230}\text{Th}$ , alta per  $^{210}\text{Pb}$  i  $^{210}\text{Po}$  i suaument elevada per  $^{226}\text{Ra}$ . En termes globals però, estimaren una dosi d'exposició per humans via la ingesta de pollastre alimentat amb pinsos a base de FBC de l'ordre de 2 a 11  $\mu\text{Sv/any}$ , per sota dels límits de protecció radiològica. Finalment doncs, se suggerí absència de risc per ingesta en humans (Casacuberta *et al.*, 2009; Masqué i Casacuberta, 2009; García-Talavera *et al.*, 2011).

Per tant, tot i que la quantitat de materials radioactius presents a l'embassament era molt elevada i la concentració d'activitat radiològica per als diferents elements analitzats es trobava molt per damunt dels valors de referència de zones no contaminades properes (evidenciant un impacte radiològic evident d'aquests fangs), el feble marc normatiu regulador d'aquest tipus de materials, que impedia considerar-los residus, comportà que aquest fet no fos tingut en compte a l'hora d'establir els criteris que hauria de complir el futur abocador on haurien de ser dipositats els fangs un cop extrets de l'embassament.

Per altra banda, l'efecte sinèrgic entre els nivells de radioactivitat i l'elevada concentració de metalls pesants a l'embassament no ha estat fins ara analitzada. A nivell internacional, l'activitat productiva vinculada a la indústria dels fosfats ha anat incrementant des dels anys 1990s. L'efecte d'aquest increment ha provocat una proliferació dels estudis acadèmics per determinar els possibles efectes que l'activitat radiològica vinculada a aquest tipus d'indústria pot haver causat sobre els ecosistemes i les poblacions properes. Diversos autors han mostrat com la intensificació de l'activitat radioactiva a l'entorn de les plantes de producció, generalment ubicades prop de cursos fluvials, poden causar efectes perjudicials a llarg termini quan es combina l'exposició a baixes dosis de radioactivitat amb l'exposició a concentracions significatives de compostos químics tòxics, encara que aquests es trobin per sota dels límits d'exposició permesos (Karamanis *et al.*, 2008). Evseeva *et al.* (2003, 2005) en aquest sentit, elaboraren una sèrie d'assajos per determinar quin podia ser aquest efecte combinat. A Vodniy, República Komi (Rússia), un antic magatzem enterrat de residus radioactius havia provocat una considerable dispersió de radionúclids als terrenys prop del riu Berezovka. Els nivells de radi i tori de la zona havien estat molt importants a principis del segle XX. Tanmateix, en el moment de realitzar l'estudi els nivells de radioactivitat havien decaïgut significativament i l'activitat productiva responsable de la generació d'aquesta contaminació s'havia adaptat a la normativa vigent. Els nivells de contaminació en l'aigua per a consum humà també complien els límits establerts legislativament, però la concentració de metalls pesants i metalls alcalins continuava essent força significativa.

Els resultats obtinguts per Evseeva demostraren que, tot i que analitzant per separat els nivells de contaminació química i radiològica les proves de toxicitat sortien negatives, continuava existint impacte sobre la salut de la població. L'efecte sinèrgic provocat per la combinació d'ambdós factors comportava alteracions a nivell genotòxic i citotòxic. Els factors químics enfortien els efectes citotòxics i incidien en la formació de determinades anomalies cromosòmiques (Evseeva *et al.*, 2003; 2005). Tot i que a Flix es detectà que en els trams de sediments on hi havia les majors concentracions de materials radioactius, també es podien apreciar les majors concentracions de metalls pesants (Costa, 2004), aquest possible efecte no ha estat contemplat.



### Impacte en els sòls i les aigües subterrànies

Tot i que la contaminació del medi hídic ha estat socialment la més discutida en el cas de Flix, existeixen altres problemes ambientals derivats de l'activitat històrica de l'electroquímica que no han rebut la mateixa atenció. La contaminació dels sòls n'és un bon exemple. La redacció del Pla General d'Ordenació Urbana del municipi de Flix de l'any 1994 reflectí aquest vector ambiental:

«Les instal·lacions [de la fàbrica] són en general antigues, algunes es troben en desús o abandonades, i en general totes les construccions es deterioren amb molta facilitat degut als efectes de la contaminació atmosfèrica dels productes químics potenciada per la humitat del riu»<sup>201</sup>.

Fins que la legislació ambiental comunitària no entrà en vigor als anys 1990s a l'estat espanyol, els residus sòlids i llots poc hidratats que resultaven dels processos d'operació acostumaven a dipositar-se damunt dels sòls en llocs propers a les instal·lacions. Amb els anys, la degradació dels compostos tòxics que contenien, o simplement la seva acumulació, comportava la contaminació dels terrenys. A aquests residus s'hi afegien també altres productes rebutjats de les naus de producció com els mateixos components desgastats de les cel·les electrolítiques. A més, les fugues, vessaments, abocaments accidentals i altres incidents que es produïen en el dia a dia contribuïen a agreujar una situació en la qual la seva eliminació no era una actuació prioritària<sup>202</sup>. Aquests fets al llarg dels anys han provocat la contaminació generalitzada del sòl i les aigües subterrànies a l'emplaçament industrial.

L'afectació dels sòls com a conseqüència de la contaminació derivada de l'activitat de la fàbrica quedà demostrada l'any 2002 quan es quantificà la contribució de les instal·lacions de Flix al total de descàrregues de dioxines i furans als sòls de les comarques tarragonines. Aproximadament un 87% podien ser atribuïdes a l'activitat de la planta del percloroetilè (que fins l'any 2005 no aturà la seva producció)<sup>203</sup> (Fuster, 2002). Aquestes descàrregues s'afegien als dipòsits històrics acumulats en els terrenys com a conseqüència de la producció electrolítica i la generació de compostos organoclorats i subproductes dels processos de fabricació<sup>204</sup>. Però la gamma de compostos que podia detectar-se a l'ambient de Flix era molt més àmplia i se'n podia seguir la pista fins a considerablement llargues distàncies. La majoria de substàncies mostraven com la seva concentració anava disminuint a mesura que incrementava la distància respecte la fàbrica<sup>205</sup>. Els congèneres més pesants eren detectats en concentracions majors prop de les instal·lacions, mentre que els més volàtils es trobaven en majors quantitats a

<sup>201</sup> Revisió-adaptació del Pla general d'ordenació urbana de Flix de l'any 1994.

<sup>202</sup> Aquesta pràctica ha estat descrita en altres indrets d'Europa, essent responsable de greus episodis de contaminació que s'han mantingut vius fins a dia d'avui i han comportat importants despeses per a la seva eliminació (European Commission, 2000).

<sup>203</sup> Es quantificaren valors anuals d'aquests compostos d'entre 106,3 i 193,0 g I-TEQ i un valor mig de l'ordre dels 173,0 g I-TEQ anuals (International Toxic Equivalent, unitat de mesura que estableix el grau de toxicitat d'una combinació de substàncies considerades dins la família de les dioxines).

<sup>204</sup> Molts estudis arreu d'Europa han demostrat que a l'entorn de les històriques fàbriques de producció de clor i organoclorats es produeix un impacte ambiental evident, degut a la persistència d'aquestes substàncies i a la seva capacitat d'acumulació, suposant afectacions sobre la salut humana valorats en milions d'euros (Weber *et al.*, 2008; Otto *et al.*, 2006; Verkasalo *et al.*, 2004).

<sup>205</sup> Excepte per l'hexaclorociclohexà (HCH) i un congènere de policloronaftalens (CN-66) (Bosch, 2009).

llargues distàncies de tal manera que, el radi d'afectació a l'entorn de les fàbriques es trobava entre els 3 km pels PCBs i els 34 km pels octacloroestirens (OCEs)<sup>206</sup> (Bosch, 2009).

No obstant això, l'àrea de major afectació eren els sòls a l'interior de les instal·lacions industrials que fins a principis de segle XXI no foren objecte d'anàlisi. L'entrada en vigor l'any 2004 de la Convenció d'Estocolm per a l'eliminació dels Compostos Orgànics Persistents (COPs) condicionaria els estats membres a realitzar un inventari d'activitats potencialment contaminants dels sòls, a partir del qual indústries com Erkimia, quedarien compel·lides a iniciar un procediment per determinar el grau de contaminació del seu emplaçament<sup>207</sup>. En cas que finalment els sòls fossin declarats contaminats, l'empresa es comprometia a realitzar els treballs necessaris per retornar-los un estat de qualitat adequat per al seu ús. En cas que no es demostrés que comportessin risc evident per la salut de la població o l'ecosistema, l'empresa no estaria obligada a realitzar cap tipus d'intervenció. Tot depenia dels resultats de la caracterització, però especialment de l'avaluació del risc per la salut humana que suposés la contaminació detectada, la darrera etapa del procés<sup>208</sup>. Ercros inicià de forma voluntària els treballs l'any 2005. Dividí l'emplaçament industrial de més de 40 ha en dues fases i realitzà els treballs de caracterització que finalitzaren l'any 2012. L'avaluació del risc per la salut humana en canvi, a 2013 encara no estava acabada i només una parcel·la disposava de resultats per avaluar-la<sup>209</sup>.

A nivell global, els resultats dels estudis de caracterització dels sòls i les aigües subterrànies mostraren dues zones principalment contaminades (Fig. 24). En el sector més occidental, les parcel·les corresponents a les antigues instal·lacions d'emmagatzematge de residus

---

<sup>206</sup> Bosch (2009) modelitzà la dispersió de compostos a l'entorn del municipi analitzant la seva concentració en fulles d'olivera. Els nivells d'HCb observats dins el radi d'influència de la fàbrica eren 14 vegades més elevats que just a l'exterior de les instal·lacions, 3 vegades pels policlorobifenils (PCB), 4 vegades pel DDT (o,p- i 4,4'), 2,5 vegades pel DDE i 2,6 pel DDD. Per altra banda, descobrí també una relació entre les quantitats de DDT i DDE en ambient atmosfèric que demostrava l'existència d'una font recent de DDT (DDT/DDE = 2,3 de mitjana) que procedia molt probablement de l'activitat de la fàbrica.

<sup>207</sup> L'any 2005 s'aprovà el Real Decret 9/2005, de 14 de gener, que establia la relació d'activitats potencialment contaminants del sòl i els criteris i estàndards per a la declaració de sòls contaminants que les comunitats autònomes havien de procurar en els seus territoris fins obtenir un inventari de sòls contaminats i establir una llista de prioritats d'actuació sobre la base d'un major o menor risc per la salut humana i el medi. La primera llista de COPs inclogué dioxines, furans, PCBs produïts de forma no intencionada i HCB.

<sup>208</sup> L'ambigüitat del Real Decret de sòls contaminants en relació al procediment administratiu que ha d'acompanyar aquests treballs ha fet que moltes comunitats autònomes com Catalunya considerin el procés iniciat només en el moment que s'hagi fet la Declaració de sòl contaminat. A partir d'aquell moment, l'empresa disposa d'un any per a rehabilitar els terrenys. El temps però que pot passar des que s'inicien els treballs d'avaluació fins que s'obté una resolució sobre la seva contaminació pot ser de més d'una dècada, com serà en el cas de Flix. Per altra banda, la declaració de sòls contaminants depèn de la realització de l'estudi d'avaluació de risc per la salut humana de la contaminació present a l'emplaçament. Segons la metodologia emprada fins ara, tot i que puguin existir valors superiors als Nivells Genèrics de Referència establerts normativament, si en les condicions estrictes en què es troben els contaminants en el moment de realitzar l'estudi no existeix risc de mobilització es considera risc zero i per tant la Declaració no s'efectua. Entrevista a J.M. Domènech [08.06.2012] (M.Pujadas).

<sup>209</sup> Veure a la bibliografia el llistat d'informes elaborats fins a finals de 2013.



- |   |   |
|---|---|
| 1. Antiga nau exterior de residus organohalogenats                                      | 7. Espai ocupat per les electròlisis III i IV               |
| 2. Antigues instal·lacions de freons, acetaldehid i àcid acètic, i polímers             | 8. Planta de producció de l'hexacloroetà i el tricloroetilè |
| 3. Producció de PCBs, polímers, difenil, clorur fèrric, DDT i clorobenzè entre d'altres | 9. Planta de producció del percloroetilè/tetracloroetilè    |
| 4. Nau d'alcohols sulfonats (antic magatzems d'hidrocarburs halogenats)                 | 10. Planta de fosfat bicàlcic                               |
| 5. Zona C. Detectada contaminació, però no sembla que s'hi produís res                  | 11. Antiga electròlisi I i fusió de la sosa                 |
| 6. Electròlisi II i estoc de sal  | 12. Espai lliure de la planta                               |
|   | 13. Planta de cogeneració                                   |
|   | 14. Zona de colònia (ús residencial)                        |

Fig. 24 Caracterització de la contaminació de les parcel·les industrials  
Elaboració pròpia a partir de CESPÀ (2008)

organohalogenats i les instal·lacions de l'antiga fàbrica Inquide Flix dedicada a la producció de freons, acetaldehid, àcid acètic i polímers d'acetat de vinil (parcel·les número 1 i 2), mostraven unes concentracions de compostos organohalogenats, especialment hexaclorobenzè i PCBs, força superiors als nivells genèrics de referència. Les aigües subterrànies també mostraven nivells de tricloroetilè, hexacloroetà i hexaclorobutadiè diversos ordres de magnitud per damunt de les referències utilitzades d'intervenció de la normativa holandesa<sup>210</sup>. A més, la parcel·la d'Inquide mostrava com els compostos contaminants es localitzaven també en les aglomeracions de materials de reblliment que folraven les ribes, confirmant les pràctiques històriques que prèviament s'havien suggerit.

En el sector centre-oriental destacaven pel seu elevat nivell de contaminació els sòls de les antigues plantes del tricloroetilè i el percloroetilè (parcel·les número 8 i 9). Aquestes parcel·les mostraven elevades concentracions d'ambdós productes, a més de l'hexaclorobenzè o el tetraclorur de carboni. En la parcel·la del TRI a més, es detectà una concentració de mercuri al sòl el doble del legalment permès. Sobre la part més oriental de la parcel·la del percloroetilè es construí l'any 2011 la planta d'estabilització dels fangs extrets de l'embassament abans que es conegués el resultat final de l'estudi d'avaluació del risc per la salut humana de la contaminació present en els terrenys. Per altra banda, destacava també per la seva particularitat una àrea d'ús residencial fora de les instal·lacions corresponent a la zona de la colònia (parcel·la número 14), on s'havien detectat unes concentracions de cetona fora de l'habitual i per la qual no es

<sup>210</sup> En no existir una legislació pròpia en relació als nivells tolerables de contaminants en aigües subterrànies s'utilitza sovint com a referència la normativa holandesa.



disposava d'informació històrica sobre el seu possible origen.

Del total de sòls caracteritzats, un 44% mostraven nivells de contaminació significatius, mentre la resta mostrava indicis de contaminació més discrets. A nivell global, el principal problema eren els nivells de compostos organoclorats. Els metalls pesants en canvi, no semblaven estar massa dispersos, tot i que la seva avaluació no fou tant exhaustiva atès que no s'incloueren en les primeres fases dels estudis<sup>211</sup>. Les aigües subterrànies per la seva banda, mostraven una contaminació generalitzada a tot l'emplaçament que podia arribar fins els 20 metres de profunditat, mostrant un cert flux descendent. En canvi, es descartava la possibilitat que aquest flux arribés a les aigües de l'Ebre principalment per la barrera aïllant que suposaven els materials amb què al llarg del segle s'havia reblert les ribes per guanyar terrenys al riu, i per la baixa taxa de transmissivitat i permeabilitat del sòl, especialment a les capes més superficials. A més, la inexistència d'aprofitaments d'aigües subterrànies en tot el recinte fabril, ni històrics ni contemporanis, relativitzava el risc per la salut humana que aquesta contaminació generalitzada podia suposar.

Les substàncies organoclorades detectades en els aqüífers eren principalment cloroform, tetraclorur de carboni, tricloroetilè, percloroetilè, hexacloroetà i hexaclorobutadiè, presents en concentracions molt variades. La gran quantitat d'espècies evolucionades que també es detectaren i la gran dispersió dels compostos, denotaven el caràcter històric de les afectacions, tot i que no es podia determinar la data d'introducció d'aquestes substàncies al sòl.

La col·locació d'un mur de protecció a la façana de la fàbrica en contacte amb l'embassament a una profunditat de fins a 3 metres del paleogen fet per ACUAMED entre els anys 2007 i 2009, així com el drenatge i captació de les aigües subterrànies que seguí a aquesta actuació, minimitzà més encara el risc d'afectació al riu. El flux d'aigua subterrània era interceptada i dirigida a una estació depuradora de la factoria abans del seu abocament al medi natural. Per tant, els estudis concloueren que no s'evidenciava risc de contaminació de les aigües de l'Ebre com a conseqüència de la contaminació generalitzada dels aqüífers profund i superficial.

Els estudis d'avaluació del risc per la salut humana foren encarregats a l'empresa Ecocat. L'any 2013 només l'antiga parcel·la d'Inquide estava enllestida. Des que l'empresa havia marxat de Flix la parcel·la s'havia mantingut buida fins que a finals de 2011 s'hi començà la construcció d'una part del sistema de tractament dels fangs de l'embassament (plantes de classificació i oxidació) (Fig. 25). Els resultats de l'informe feien acceptable la qualitat del sòl, però els escenaris sota els què s'havia realitzat l'estudi eren molt restrictius. L'estudi d'Ecocat de l'any anterior per aprofundir en la caracterització de la parcel·la havia mostrat uns nivells d'hidrocarburs totals del petroli (TPHs), clorobenzens i PCBs superiors als valors de referència (1.800 ppm de TPHs per uns nivells genèrics de referència (NGR) de 50 ppm; 40 ppm de PCBs per un NGR de 0,8 ppm; i 21 ppm de tetracloroetilè per un NGR de 10 ppm). Però els elevats nivells d'aquestes substàncies no foren considerats per a l'avaluació, perquè l'estudi considerà

---

<sup>211</sup> Com a conseqüència de la voluntat d'optimitzar els costos derivats dels estudis es realitzà una primera fase en què es caracteritzaren els vapors del sòl. Això suposava detectar la presència de compostos orgànics sense concretar el tipus, ni la seva concentració. Els resultats oferien un mapeig dels sòls que presentaven major probabilitat de contenir elevades concentracions de contaminants. Fou en aquests espais on posteriorment s'analitzaria la presència de metalls.



Fig. 25 Ubicació de les plantes de tractament  
Elaboració pròpia a partir d'ACUAMED (2013)

que les condicions de confinament en les què es trobaven feien poc probable que poguessin produir cap tipus d'afectació per contacte o per inhalació. Tampoc es considerà per a l'avaluació la presència amb valors superiors als NGRs d'altres substàncies com l'hexaclorobenzè, el tetracloroetilè, el pentaclorobenzè o el bari, que es detectaren en sis de les vuit mostres de sòl analitzades a la parcel·la<sup>212</sup>, així com de substàncies com l'hexaclorobutadiè, el cloroform o l'arsènic i el molibdè, que es trobaven en concentracions significatives en les aigües subterrànies. Segons l'informe, el fet de ser substàncies poc o gens volàtils, sense valors de toxicitat per inhalació de referència, descartava cap tipus de risc per la salut humana derivat de la seva exposició. En general, es conclouia que la pavimentació dels terrenys eliminava el risc derivat de l'exposició per contacte directe amb aquestes substàncies i inhalació dels vapors del sòl i les aigües subterrànies, tot i que això només seria davant una situació en què l'ús del sòl es mantingués immutuable al llarg del temps i es garantís que no hi hauria mai moviments de terres que poguessin fer aflorar els contaminants a la superfície. Per tant s'havia de suposar que es preveia públicament un abandonament d'aquestes parcel·les durant molts anys fins que la degradació natural dels compostos tòxics per efecte del temps desactivés la seva capacitat tòxica i que, quan es planifiqués novament algun tipus d'actuació, les parcel·les haurien de ser avaluades novament per garantir aquesta desactivació del potencial tòxic del sòl. De fer-se realitat aquest escenari (poc probable) les pèrdues que això ocasionaria a l'administració pública serien considerables<sup>213</sup>.

<sup>212</sup> Dues-centes vegades en el cas de l'HCB.

<sup>213</sup> Els informes de la Unió Europea sobre l'aplicació de la normativa sobre responsabilitat ambiental als estats membres posen de manifest en el cas espanyol, que l'avaluació del risc de la contaminació dels sòls està realitzada exclusivament en base a paràmetres de qualitat del sòl i que s'obvia la perspectiva sanitària, que sovint és més preventiva i per tant, més restrictiva «The threshold for contaminated land is based on soil quality criteria and not harm to human health», apuntant-ho com un aspecte a reconsiderar (ELD, 2009).

### Els efectes sobre la salut de la població

L'activitat industrial de Flix ha generat una gran dispersió de compostos contaminants a l'ambient al llarg del segle, la influència dels quals s'ha extès en un radi d'afectació entre els 15 i els 25 km. a l'entorn del municipi<sup>214</sup> (Fig. 26) (Garí *et al.*, 2014). L'exposició i ingesta prolongada de compostos organoclorats com l'HCB, el DDT, el DDE o els PCBs i metalls pesants com el mercuri (evidenciada en els elevats nivells de concentració trobats en les mostres biològiques de la població) ha estat un element de preocupació pels epidemiòlegs des dels anys 1990s degut, en bona part, a l'afectació generalitzada que podien estar afectant més enllà dels límits físics de la fàbrica.

Dins el grup dels organoclorats l'exposició a HCB ha estat una de les més significatives. Aquest compost causà una important alarma en el món sanitari a Turquia entre els anys 1955 i 1959, quan la ingesta de llavors contaminades produí una intoxicació aguda entre la població que n'incrementà les taxes de porfíria cutània tarda (Peters *et al.*, 1982). Tot i que a Flix la possible afectació d'aquesta patologia fou descartada, l'elevada concentració del contaminant present a l'ambient no deixava de ser un factor de preocupació. Investigacions mèdiques realitzades en animals havien demostrat la influència del compost sobre determinades neoplàsies com el càncer de tiroides o de fetge. Combinant aquest factor amb el fet que els nivells d'HCB detectats a l'ambient de Flix eren dels més alts quantificats en una població humana des dels anys 1990s es considerà finalment necessari avaluar-ne la incidència sobre la població local. Les dades recollides pels investigadors entre 1980 i 1989 dels registres de càncer de la província de Tarragona mostraren un cert increment en el nombre de casos de càncer de tiroides, sarcoma de teixits tous i càncer cerebral, tot i que només s'arribà a establir una correlació estadísticament significativa entre l'afectació de tiroides en la població masculina de treballadors de l'electroquímica i els elevats nivells d'exposició ambiental a HCB. Les limitacions de l'estudi, entre d'altres el fet de disposar d'una mostra poblacional estadísticament poc significativa, impedí obtenir resultats concloents sobre l'existència d'un problema sanitari real<sup>215</sup> (Grimalt *et al.*, 1994; Sunyer *et al.*, 2002).

L'exposició a 4,4'-DDE per altra banda, tot i no ser estadísticament tan significativa, també fou considerada rellevant especialment entre la població infantil. Estudis de referència havien demostrat que l'exposició i transferència d'aquest compost durant l'embaràs i la lactància materna afectava a la funció cognitiva dels infants i podia produir un cert retard mental i psicomotor en el seu creixement. La població infantil flixanca mostrava també aquest efecte, evidenciant una correlació negativa entre les concentracions de DDE en sèrum de cordó i el grau de desenvolupament durant els primers anys de vida. Els nens de 4 anys mostraven valors més baixos en els tests de desenvolupament infantil a mesura que acumulaven majors concentracions del contaminant. El DDE a més, es podia correlacionar amb un major índex de

---

<sup>214</sup> S'ha de tenir en compte però, que aquest abast fou caracteritzat en una època en què bona part de les línies de producció dels organoclorats ja havien estat aturades (Garí *et al.*, 2014). Per altra banda, Bosch (2009) havia apuntat anys enrere un radi d'influència major. Per tant, durant els anys 1960s i fins als 1980s, època de màxima producció de la fàbrica, l'abast de l'afectació podria haver assolit dimensions força més grans.

<sup>215</sup> Veure l'apartat *La negació conscient de l'impacte a la salut* del capítol anterior per a major detall.



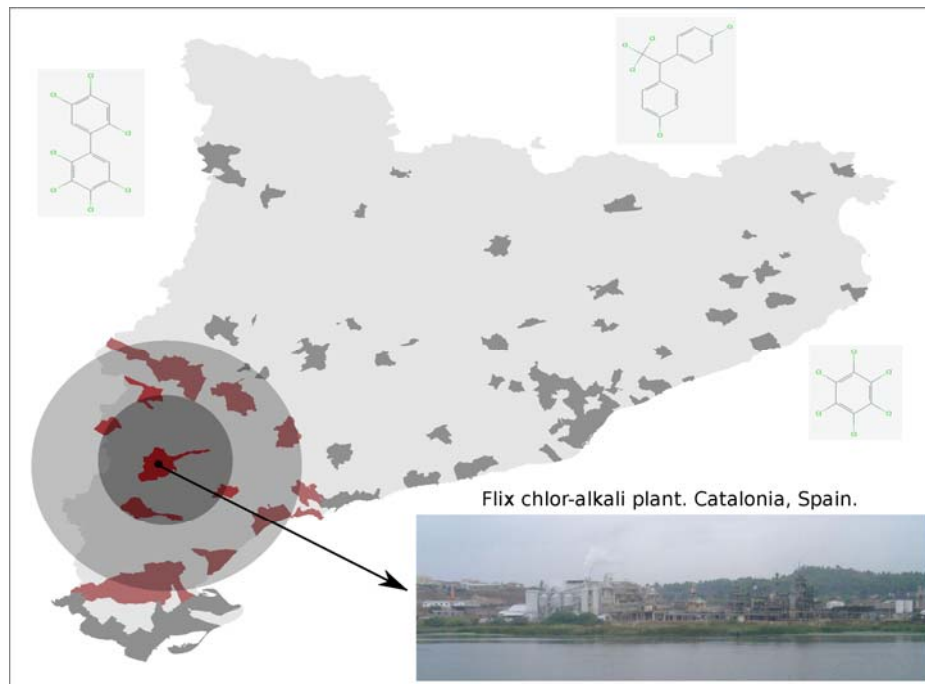


Fig. 26 Àmbit d'afectació de les emissions de la fàbrica sobre poblacions properes analitzades (ressaltades en vermell)  
Garí et al. (2014)

prematuritat incrementant l'esforç públic del sistema sanitari degut a les majors atencions requerides pels nadons i les seves mares. Entre 1997 i 1999 la taxa de prematuritat se situà en un 6%. En tots aquests casos els nivells d'acumulació del compost eren superiors que els dels nadons nascuts a l'edat gestacional esperada (Ribas-Fitó *et al.*, 2002; 2003; 2006).

Els infants al primer any de vida a més, mostraven l'acumulació de la forma orgànica del mercuri (el metilmercuri), que podia ser la causa d'alteracions neurotòxiques i en el neurodesenvolupament, efectes que havien estat estudiats en diversos casos arreu del món. Les concentracions detectades en certes poblacions de referència eren molt superiors a les acumulades per la població de Flix. No obstant això, cap d'aquests estudis havia pogut concloure l'existència d'un llindar mínim per sota del qual no es produïssin efectes adversos sobre la població infantil<sup>216</sup> (Castoldi *et al.*, 2001; Costa *et al.*, 2004; Ekino *et al.*, 2007; USEPA, 2005).

Per altra banda, els treballadors de l'electroquímica havien estat sotmesos des de finals dels anys 1940s a la inhalació dels vapors del mercuri vessat sovint a l'interior de les instal·lacions. L'exposició al mercuri elemental o inorgànic podia ser la causa d'una major incidència de certes malalties cardiovasculars, especialment cardiopaties isquèmiques i cerebrovasculars i d'un major risc de desenvolupar tumors de ronyó o de cervell, òrgans diana d'aquest contaminant<sup>217</sup>

<sup>216</sup> Dues poblacions de referència típicament estudiades han estat les illes Fèroe a l'Atlàntic Nord i les illes Seychelles a l'oceà Índic. Els elevats hàbits de consum de productes procedents de les balenes en el primer cas i de peix en ambdós casos les fan òptimes per estudiar l'afectació del mercuri sobre la salut humana, especialment nadons, i la seva transferència a través de la lactància i la placenta materna, doncs és ben conegut que la ingesta és la primera causa d'exposició a aquest metall pesant a nivell mundial (Myers i Davidson, 1998).

<sup>217</sup> Prop del 80% dels vapors inhalats són absorbits pels teixits pulmonars (PNUMA, 2002).

(Barregard *et al.*, 1990). Les mostres de sang i de cabell recollides entre la població de Flix en el període comprés entre 1997 i 1999 també foren analitzades per aquest element revelant nivells significativament superiors que a les poblacions de referència (Montouri *et al.*, 2006).

La Taula 6 mostra els principals indicadors de l'afectació a la salut que foren considerats prou significatius en el cas de Flix:

Factor de risc	Efecte sanitari relacionat	Població en risc	Referència
HCB	* Càncer de tiroides	Adults treballadors homes	Grimalt <i>et al.</i> (1994); Sala <i>et al.</i> (1999; 2001)
4,4'-DDE	Retard mental i psicomotor	Infants	Ribas-Fitó <i>et al.</i> (2003)
4,4'-DDE	* Prematuritat	Infants recent nascuts	Ribas-Fitó <i>et al.</i> (2002)
Metilmercuri	* Afectació de la funció cognitiva	Infants fins als 4 anys	Montouri <i>et al.</i> (2006)
Mercuri elemental i inorgànic	Malalties cardiovasculars, esp. cardiopatia isquèmica i cerebrovasculars	Adults treballadors homes	UNEP (2002)
Mercuri elemental i inorgànic	Incidència de tumors de ronyó i cervell	Adults treballadors homes	Barregard <i>et al.</i> (1990)

\* Paràmetres quantificats

Taula 6 Correlacions estudiades a Flix entre factors de risc ambiental i efectes sanitaris relacionats

Així doncs, els inusualment elevats nivells de contaminants organoclorats que es detectaren a l'ambient de Flix entre les anys 1980s i 1990s estimulà els investigadors del CID-CSIC (actualment IDAEA-CSIC) i l'IMIM a realitzar un estudi en profunditat per determinar els seus possibles impactes<sup>218</sup>. Es coneixien les propietats bioacumulatives dels compostos organoclorats que havien estat relacionats amb determinades malalties com la porfíria cutània tarda, el Parkinson, l'increment en la incidència de determinats càncers (de pit, cerebrals, pàncrees, tiroides i de teixits tous), efectes sobre la capacitat reproductiva i altres efectes neuro tòxics en infants com desordres en el desenvolupament mental i psicomotor (Sala *et al.*, 1999). Es compararen els valors d'exposició i l'acumulació d'aquests composts entre individus de diferents poblacions, Flix i una població de referència suposadament no exposada als contaminants. Els primers resultats mostraren que la mitjana de la concentració d'HCB detectada a l'ambient de Flix entre els anys 1989 i 1992 era 100 cops més elevada que el d'una estació de control de Barcelona (35 µg/m<sup>3</sup> respecte 0,3 µg/m<sup>3</sup> de l'estació de referència) i 1.000 vegades superior que d'altres zones urbanes descrites a la bibliografia científica (Taula 7).

	Ribera d'Ebre	Barcelona
HCB (x 1.000)	35 (rang de 11 a 44)	0,3 (rang de 0,25 a 0,4)
PCBs (x 1.000)	1,00 (rang de 0,01 a 2)	0,70 (rang de 0,1 a 1)
p,p'-DDE (x 1.000)	0,2 (rang de 0,02 a 0,5)	0,1 (rang de 0,06 a 0,3)
Tricloroetilè	5 (rang de 3 a 9)	1 (rang de 0,5 a 2,5)

Mitjanes en 24-hores, en µg/m<sup>3</sup>

Taula 7 Nivells mitjans de contaminants a l'aire de Flix i Barcelona (1989-1992) Grimalt *et al.* (1994)

En analitzar les mostres de sèrum dels habitants del municipi riberenc es descobrí que

<sup>218</sup> Col·laboraria amb Joan O. Grimalt del CID-CSIC, el Dr. Jordi Sunyer del Departament d'epidemiologia i salut pública de l'Institut Municipal d'Investigació Mèdica (IMIM, actualment CREAL).

acumulaven concentracions més de 5 vegades més elevades que els de la població de referència. Haver treballat a la fàbrica semblava un factor d'acumulació important. En canvi, el temps de residència no semblava influir. Sí ho feia per contra el gènere, de forma que els homes mostraven concentracions 1,5 vegades superiors a les dones. En el cas del 4,4'-DDE també es detectà la presència del contaminant al cos dels individus de les dues comunitats, tanmateix, la població de Flix mostrava concentracions 7,5 vegades més elevades que la població de referència (Grimalt et al., 1994).

Per analitzar-ho amb deteniment es realitzà una campanya de mostres l'any 1994 amb el consens del consistori i l'empresa. L'estudi basaria els seus resultats en la recollida de dades de la població a través d'enquestes realitzades als individus majors de 14 anys del municipi i en l'anàlisi de mostres biològiques d'un subgrup d'aquesta població<sup>219</sup>. Es recolliren 608 mostres de sèrum d'individus de Flix (al voltant d'un 15% de la població major de 14 anys; 41% dones, 59% homes) i es realitzaren 1.800 enquestes (Taula 8). Els resultats de les analítiques corroboraren els elevats nivells d'HCB acumulats pels flixancos (36,7 ng/ml de mitjana amb un màxim de 1.485 ng/ml, els més elevats descrits a la bibliografia especialitzada). També es trobaren concentracions significatives de PCBs (4,3 ng/ml de mitjana, congènere majoritari PCB-180), 4,4'-DDE (9,6 ng/ml) i  $\beta$ -HCH (9,2 ng/ml). Els homes acumulaven majors concentracions de PCBs i HCB que les dones, mentre que aquestes acumulaven un cert percentatge més de  $\beta$ -HCH, que a més, incrementava amb l'edat (com també feia el 4,4'-DDE).

Haver treballat a la fàbrica o no haver-ho fet mai podia suposar una diferència en l'acumulació d'HCB al cos de fins a 15 vegades més. En valors mitjans, els treballadors acumulaven concentracions de 120,2 ng/ml, tres vegades la mitjana de la població de Flix (36,7 ng/ml), però depenia del tipus de treball desenvolupat a les instal·lacions que la concentració del compost variés<sup>220</sup>. Els treballadors ja retirats del servei també mostraven concentracions mitjanes superiors a la població (63,6 ng/ml pels majors de 65 anys, respecte 16,8 ng/ml pels que no havien treballat mai a fàbrica), tot i que mostraven una caiguda de la concentració amb l'edat, que s'igualava amb aquests darrers a partir dels deu anys de la jubilació (Sala et al., 1999).

En el cas dels PCBs els antics treballadors de la fàbrica, en el moment de l'anàlisi, mostraven nivells més alts del compost que els treballadors, fet que podia relacionar-se amb l'aturada de les línies de producció de PCBs a finals dels anys 1980s. En canvi, en el cas del  $\beta$ -HCH i el 4,4'-DDE semblava no existir un vincle especial amb treballar o no a la fàbrica, doncs el conjunt de la població en mostrava nivells molt similars. El consum de peix fou considerat un factor important d'acumulació d'HCB i PCBs. Tanmateix, els resultats mostraren que tot i la seva probable influència, la principal via d'exposició a Flix era aèria<sup>221</sup> (Sala et al., 1999).

<sup>219</sup> La Generalitat atorgà una subvenció de tres milions de pessetes (18.000 €) per a la realització de l'estudi.

<sup>220</sup> Els treballadors de l'àrea de producció i els de manteniment mostraven les concentracions d'HCB més elevades dins aquest subgrup: 105,4 ng/ml i 247,1 ng/ml de mitjana respectivament.

<sup>221</sup> Aquest fet fou corroborat més tard a l'analitzar les pautes alimentàries de la població. A diferència de les poblacions de referència, la de Flix mostrava uns nivells de consum de peix molt més baixos.



	Núm.	HCB	$\beta$ -HCH	4,4'-DDE	PCBs
Sexe:					
Dones	359	17,6 (14,0)**	10,2 (13,2)**	9,9 (15,6)	3,1 (3,0)**
Homes	249	64,2 (159,8)	7,8 (17,0)	9,0 (11,5)	5,9 (11,1)
Total	608	36,7 (127,7)	9,2 (14,9)	9,6 (14,1)	4,3 (7,6)
Edat:					
< 45	259	34,4 (116,1)**	3,1 (3,8)**	4,3 (6,1)**	2,4 (2,4)**
45-64	210	39,4 (100,9)	10,9 (10,5)	12,1 (18,1)	5,8 (11,5)
> 64	139	21,2 (9,7)	18,2 (24,1)	15,7 (14,4)	5,6 (5,6)
Temps de residència a Flix:					
0-9	29	38,5 (140,9)**	6,2 (6,7)**	7,0 (6,9)**	2,2 (2,7)**
9-19	67	42,2 (189,1)	3,2 (5,3)	4,0 (7,1)	1,3 (1,4)
> 19	511	39,6 (116,9)	10,2 (15,9)	10,4 (14,9)	4,8 (8,1)
Residència respecte la fàbrica:					
Lluny	109	55,0 (198,7)	11,3 (27,1)	9,7 (13,4)	3,9 (4,0)
Mitjana	277	32,1 (82,8)	9,9 (11,7)	10,2 (16,5)	4,9 (10,2)
Propera	174	40,8 (132,6)	7,2 (8,6)	8,2 (10,3)	3,7 (4,3)
Molt propera	41	48,7 (118,0)	8,1 (10,1)	11,2 (12,6)	3,9 (4,5)
Consum de peix local:					
No	591	35,0 (123,9)*	9,2 (15,1)	9,5 (14,1)	4,1 (7,5)**
Si	17	95,3 (203,3)	10,4 (11,2)	10,5 (13,7)	7,9 (8,6)
Ocupació a fàbrica:					
Mai	421	16,8 (17,1)**	8,7 (11,9)	9,1 (14,7)	3,2 (3,1)
Antics treballadors	130	63,3 (154,0)	13,1 (23,5)	12,5 (14,1)	8,2 (14,7)
Treballadors actuals	57	120,2 (224,0)	4,3 (5,5)	6,3 (7,0)	3,3 (2,8)
Administració	3	15,7 (7,1)	5,3 (5,2)	5,9 (4,1)	2,1 (0,6)
Laboratori	6	48,6 (71,9)	6,6 (8,5)	4,3 (2,6)	2,9 (3,1)
Producció	36	105,4 (151,5)	4,1 (5,3)	7,2 (8,2)	3,5 (2,5)
Manteniment	12	247,1 (410,2)	3,4 (4,3)	5,3 (3,9)	4,0 (4,6)
Antiguitat a la fàbrica:					
< 5	7	259,9 (244,6)	2,1 (2,5)	4,3 (4,1)*	2,6 (4,1)
5-9	21	184,9 (322,3)	2,4 (3,9)	4,1 (4,8)	3,1 (1,9)
9-19	15	42,5 (41,2)	5,2 (6,6)	8,3 (9,4)	3,3 (2,3)
> 19	16	60,4 (106,2)	6,7 (6,1)	8,7 (7,0)	4,5 (4,1)

\* < 0,05; \*\* < 0,01; (ng/ml; SD)

Taula 8 Concentració mitjana d'organoclorats en sèrum d'individus de Flix segons variable Sala *et al.* (1999)

Per averiguar si existia relació entre els nivells d'acumulació d'aquests composts detectats entre la població i determinades malalties que hi havien estat associades en altres ocasions i que es trobaven descrites a la bibliografia, s'analitzà els registres de càncer de la província de Tarragona entre els anys 1980 i 1989 i els de mortalitat entre 1984 i 1991. Tot i que no es detectà a nivell global un increment anòmal en els índex de mortalitat, es pogué comprovar un cert increment en la incidència de càncer de tiroides, teixits tous i cerebral que afectava majoritàriament als homes de la població que a més, havien treballat a la fàbrica<sup>222</sup> (Taula 9). En el cas del càncer de tiroides, una neoplàsia molt poc freqüent, la major incidència en homes que en dones al municipi també feia sospitar d'una alteració en els factors generals d'exposició;

<sup>222</sup> El nombre de casos observats respecte els esperats (raó d'incidència estandaritzada) fou de 6,7, 5,5 i 2,7 pel càncer de tiroides, teixits tous i cervell respectivament. Els treballadors de la fàbrica mostraven els índex d'incidència més alts (Grimalt *et al.*, 1994). Tanmateix, la seva vinculació amb els nivells d'exposició ambiental no pogueren ser evidenciats científicament. Això no treia en tot cas, la importància de les dades obtingudes i la més que probable relació causal. Entrevista a J. Sunyer [12.08.2012] (M. Pujadas).

entre la població espanyola aquest tipus de càncer era més freqüent en dones que en homes, però a Flix aquesta relació s'invertia (Grimalt *et al.*, 1994).

Tipus de càncer:	Home			Dona		
	Nombre	RIE	(95% CI)	Nombre	RIE	(95% CI)
Tiroide	2	6,70	(1,6-28)	1	1,00	(0,14-7,4)
Teixits tous	3	5,50	(1,7-17,5)	1	2,20	(0,3-16)
Cervell	4	2,70	(0,99-7,2)	1	0,93	(0,13-6,7)
Desconegut	10	2,35	(1,25-4,4)	4	1,20	(0,45-3,2)
Bufeta	12	1,30	(0,75-2,3)	2	1,10	(0,28-4,6)
Pit	0	-	-	19	1,30	(0,84-2,1)
Recte	6	1,30	(0,60-3,0)	2	0,60	(0,15-2,4)
Colo-rectal	10	1,00	(0,54-1,9)	7	0,82	(0,39-1,7)
Colon	4	0,74	(0,28-2,0)	5	0,96	(0,40-2,3)
Estómac	11	0,76	(0,42-1,4)	2	1,60	(0,39-1,7)
Limfomes	1	0,56	(0,08-4,02)	1	0,67	(0,09-4,8)
Ronyó	0	-	-	1	0,82	(0,11-5,8)
Total	74	0,96	(0,76-1,2)	55	0,93	(0,72-1,2)

RIE, raó d'incidència estandarditzada; CI, interval de confiança

Taula 9 Incidència de càncer per tipologia i gènere a Flix (1980-1989)  
Grimalt *et al.* (1994)

Entre el març de 1997 i el desembre de 1999 es realitzà una nova campanya de presa de mostres entre la població de Flix. En aquesta ocasió s'identificaren tots els naixements de nadons del municipi que tingueren lloc a l'hospital de Móra d'Ebre (localització principal dels parts del municipi) i es prengué mostres tant de les mares com dels fills. Es recollí mostres del 84% dels nens nascuts a l'àrea administrativa de salut de Flix (37 del municipi i 34 de poblacions properes), de les quals un 93% foren utilitzades (72 mostres de sèrum de mares i 69 mostres de sèrum de cordó de nadons). S'analitzà la concentració d'HCB, 4,4'-DDE, PCBs i  $\beta$ -HCH (Sala *et al.*, 2001).

Les dades semblaven demostrar que els compostos organoclorats (especialment HCB, 4,4'-DDE i PCBs) eren transferits a través del cordó umbilical, la placenta materna i durant la lactància dels nadons fins al primer any de vida (Taula 10). Totes les mostres tenien nivells detectables d'HCB i PCBs, un 97% de les mostres en el cas del 4,4'-DDE i un 67% pel  $\beta$ -HCH. Les concentracions més elevades d'HCB eren detectades en les mostres de Flix (3,98 i 1,40 ng/ml en dones i nens respectivament, respecte 2,51 i 0,85 ng/ml en les poblacions veïnes)<sup>223</sup>. El 4,4'-DDE era el segon contaminant trobat amb major concentració a Flix<sup>224</sup>, seguit del conjunt de PCBs, tot i que només en el cas de l'HCB les diferències eren estadísticament significatives. Les dades mostraven una correlació positiva entre els nivells de contaminants en sang materna i en sang de cordó, excepte per alguns dels congèneres dels PCBs, a banda que la concentració dels

<sup>223</sup> Les concentracions detectades entre la població femenina comparant-les amb els nivells d'HCB avaluats en altres poblacions arreu d'Europa eren més del doble (4,1 ng/ml de mitjana aritmètica, mentre que Noruega als anys 1980s havia mostrat valors de 2  $\mu$ /ml i que moltes altres poblacions europees mostraven valors per sota d'1  $\mu$ g/ml). Això no passava pels altres contaminants, que mostraven nivells similars als detectats en altres poblacions europees (Sala *et al.*, 2001).

<sup>224</sup> La poca solubilitat del DDT/DDE fa que l'exposició intrauterina a través de la placenta materna sigui menor que l'exposició durant la lactància. Tot i això un cert percentatge s'acumula causant efectes adversos en el fetus.

compostos en les dones era inversament proporcional al seu nombre de fills<sup>225</sup>. Per altra banda, la relació amb la distància respecte la fàbrica també quedava corroborada en mostrar els nadons de Flix majors concentracions que els de les poblacions veïnes, excepte en el cas del DDT (Sala *et al.*, 2001).

	Total		Flix		Poblacions properes	
	(n = 72) <sup>a</sup>		(n = 37)		(n = 34)	
Sang materna:	GM	Rang	GM	Rang	GM	Rang
HCB	3,19	0,36 - 20,78	3,98	0,50 - 20,78	2,51	0,36 - 7,46
4,4'-DDE	2,24	0,36 - 24,30	1,96	0,36 - 9,93	2,59	0,41 - 24,30
DDT	0,10	0,01 - 3,25	0,08	0,01 - 0,78	0,12	0,01 - 3,25
PCBs	1,64	0,23 - 7,74	1,59	0,23 - 6,96	1,71	0,46 - 7,74
β-HCH	1,10	0,01 - 11,09	1,00	0,01 - 11,09	1,14	0,01 - 9,31
	(n = 69) <sup>b</sup>		(n = 35)		(n = 32)	
Sang de cordó:	GM	Rang	GM	Rang	GM	Rang
HCB	1,11	0,13 - 5,77	1,40	0,30 - 5,77	0,85	0,13 - 2,45
4,4'-DDE	0,83	0,05 - 7,11	0,86	0,05 - 7,11	0,81	0,05 - 3,06
DDT	0,05	0,01 - 1,87	0,04	0,01 - 1,30	0,06	0,01 - 1,87
PCBs	0,36	0,07 - 3,85	0,39	0,07 - 3,85	0,32	0,11 - 1,96
β-HCH	0,26	0,01 - 3,20	0,25	0,01 - 2,61	0,29	0,01 - 3,20

<sup>a</sup> Residència no disponible en 1 mare; <sup>b</sup> Residència no disponible en 2 bebès; (ng/ml)

Taula 10 Mitjana geomètrica i rang de contaminants segons residència en sang materna i de cordó  
Sala *et al.* (2001)

Comparant les dades de la població de Flix de les campanyes dels anys 1994 i 1997-99 es mostrà com les concentracions d'aquests compostos semblaven disminuir, especialment en les mares. Entre la primera i la segona campanya els nivells d'HCB en sang havien disminuït en un 61%<sup>226</sup>. El mateix fenomen semblava aparèixer en el β-HCH i el 4,4'-DDE tot i que les dades no eren prou significatives. Aquest efecte tanmateix, no passava amb la suma de PCBs que mostrava un increment clar<sup>227</sup> (Ribas-Fitó *et al.*, 2003). Es decidí investigar en quina mesura aquestes majors concentracions dels compostos havien pogut afectar durant l'embaràs i el part en els nadons. Es buscaren amb aquest objectiu les taxes de prematuritat i s'analitzaren la talla i pes dels nadons en néixer en funció de l'edat gestacional (Taula 11) (Ribas-Fitó *et al.*, 2002).

<sup>225</sup> Segons Sala *et al.* (2001) tots els recent nascuts presentaven nivells detectables de compostos organoclorats. Però mentre al néixer, els nivells més elevats els presentava l'HCB, a l'any d'edat, les concentracions més elevades eren les de 4,4'-DDE, fent suposar que la lactància materna afavoria la transmissió d'aquest compost respecte l'HCB. Als 4 anys, en canvi, els nivells de tots els compostos havien incrementat, la qual cosa alertava de la importància de la via d'exposició aèria.

<sup>226</sup> Les dones del primer estudi eren més grans que les del segon, essent l'edat un factor d'increment de l'exposició i per tant de major acumulació dels contaminants. Tanmateix tenien un major nombre de fills de mitjana, factor que en podia incrementar l'eliminació mitjançant la seva transferència al fetus. Per contra novament, les dones del segon estudi, tot i el menor nombre de fills, estaven en període d'alletament (Ribas-Fitó *et al.*, 2003).

<sup>227</sup> Si bé novament s'havia demostrat la clara incidència de les emissions de l'electroquímica sobre l'acumulació d'organoclorats a la població, les millores realitzades en els processos d'incineració d'organoclorats durant els anys 1990s semblaven haver comportat aquesta millora, especialment en el cas de l'HCB (Ribas-Fitó *et al.*, 2003).

	Prematuritat (<= 37 set)		Baix pes per l'edat gestacional <sup>(1)</sup>		Talla petita per l'edat gestacional <sup>(2)</sup>	
	Si n = 4	No n = 66	Si n = 7	No n = 63	Si n = 12	No n = 58
HCB	1,94	1,10**	1,10	1,10	1,64	1,00**
4,4'-DDE	2,40	0,80*	0,47	0,77	0,88	0,65
β-HCH	0,55	0,26	0,15	0,32	0,54	0,23
PCBs	0,70	0,34**	0,28	0,37	0,51	0,32

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,10$ .

<sup>(1)</sup> Ajustat per sexe i nombre de cigarrets al dia

<sup>(2)</sup> Ajustat per sexe, nombre de cigarrets al dia durant la gestació i índex de massa corporal materna

Taula 11 Mitjana geomètrica de compostos organoclorats en sèrum de cordó segons variables Ribas-Fitó *et al.* (2002)

Només en el cas de la prematuritat i la talla en néixer es pogué obtenir correlacions positives amb les concentracions d'HCB, 4,4'-DDE i PCBs en sèrum de cordó, tot i que només en el cas del DDE per a la prematuritat i l'HCB per a la talla en néixer foren estadísticament prou significatives. Els nens prematurs mostraven nivells superiors dels tres compostos (1,94 ng/ml respecte a 1,10 ng/ml en el cas de l'HCB; 2,40 ng/ml respecte 0,80 ng/ml en el cas del 4,4'-DDE i 0,70 ng/ml respecte 0,34 ng/ml en el cas dels PCBs), mentre que els nens amb una talla inferior a l'esperada en el moment gestacional mostraven una major concentració d'HCB (1,64 ng/ml respecte 1,00 ng/ml). Per tant, quedava fins a cert punt demostrada l'existència d'una vinculació entre l'exposició prenatal a aquests compostos i el creixement intrauterí que afectaria els nadons acabats de néixer. Aquest fet podia tenir a la llarga un efecte negatiu sobre el desenvolupament del nadó. De fet, s'havien trobat indicis que una menor talla al naixement podia comportar problemes sobre el desenvolupament psicomotor i mental del nen fins a l'any de vida (Ribas-Fitó *et al.*, 2002).

Per tal d'avaluar doncs els efectes que aquestes majors concentracions podien tenir sobre el desenvolupament infantil Ribas-Fitó *et al.* (2003) sotmeteren una cohort dels nens nascuts entre 1997 i 1999 a diversos tests de desenvolupament infantil als 13 mesos (escales Bayley i Griffiths<sup>228</sup>). Els nens que mostraven majors concentracions de 4,4'-DDE mostraven una pèrdua més accentuada dels nivells de MDI (Mental Development Index) i de PDI (Psychomotor Developmental Index). De fet, cada vegada que es doblava la concentració de DDE en un infant de la cohort de Flix, aquest perdia 3,50 punts en l'escala mental (desviació estàndard de 1,39) i 4,01 punts en l'escala psicomotora (desviació de 1,37). Els nivells de PCBs acumulats també incidien en aquest darrer cas, tot i que amb una correlació estadísticament menys significativa. Els paràmetres PDI més afectats eren la locomoció, l'àrea personal-social i l'execució de l'escala de Griffiths. Altres paràmetres que semblaven afectar eren un baix nivell educatiu de les mares o el fet que els pares treballessin a l'electroquímica, així com l'alletament matern<sup>229</sup> (Ribas-Fitó *et al.*, 2003).

Als 4 anys de vida aproximadament els nens tornaren a ser sotmesos a tests de

<sup>228</sup> L'escala Bayley disposa de 2 indicadors: l'Índex de Desenvolupament Mental (MDI) i l'Índex de Desenvolupament Psicomotor (PDI). L'escala Griffiths es divideix en 5 subescales (locomotora, personal-social, audició i llenguatge, coordinació ull-mà i execució).

<sup>229</sup> L'estudi reitera els beneficis de la lactància materna al demostrar que una lactància prolongada compensava els efectes de l'acumulació de contaminants.

desenvolupament neuropsicològics (els nens tenien 4,4 anys de mitjana a la Ribera d'Ebre i 4,3 anys a Menorca). En aquest cas s'incloueren avaluacions de les capacitats intel·lectuals, d'atenció i competències socials. El desenvolupament cognitiu fou avaluat amb una versió espanyola adaptada al cas de l'escala McCarthy d'habilitats infantils (MCSA) que proveeix informació sobre les habilitats cognitives i motores dels infants (habilitats cognitives generals, verbals, perceptuals-executives, quantitatives, de memòria i motores). S'avaluaren finalment tres elements: memòria verbal, memòria a curt termini i funció executiva (combinant atenció i memòria de treball). Durant l'estudi però, es buscà explícitament la seva vinculació amb les concentracions de DDT. Recentment aquestes havien estat associades a efectes en el desenvolupament mental i psicomotor dels infants. De fet, certs estudis apuntaven ja aquesta exposició com un factor important de les diferències nacionals en les capacitats mentals de les poblacions infantils mostrades per l'informe PISA 2000. No obstant això, en el cas de Flix no es pogué corroborar aquesta correlació (Ribas-Fitó *et al.*, 2006). En canvi, es tornà a trobar una correlació positiva entre l'exposició intrauterina a 4,4'-DDE i un cert retrocés en el desenvolupament mental i psicomotor de l'infant que podia comportar un cert desavantatge competitiu respecte el desenvolupament d'altres poblacions de referència<sup>230</sup>.

Pel cas de l'HCB, els nens amb una concentració superior a 1,5 µg/ml en néixer tenien un major risc de subdesenvolupament de les seves competències socials (risc relatiu de 4,04 amb un interval de 1,76 a 9,58) i de patir dèficit d'atenció amb hiperactivitat (risc relatiu de 2,71, amb un interval de 1,05 a 6,96), però no semblava tenir efectes a nivell cognitiu. De la cohort de 44 nens estudiats a Flix, la meitat en mostraven valors de concentració superiors<sup>231</sup> (Ribas-Fitó *et al.*, 2006; 2007).

Per altra banda, la utilització de mercuri en les cel·les electrolítiques per a la producció de clor i sosa a partir dels anys 1940s hauria introduït a l'ambient de Flix un nou aspecte ambiental amb possibles afectacions a la salut. La dispersió de mercuri a l'aigua, l'aire i el sòl hauria significat un nou risc per inhalació de mercuri inorgànic especialment entre el subgrup de treballadors de l'electroquímica i de mercuri orgànic (principalment en la forma de metilmercuri) entre la població general. Casos similars havien estat descrits a la bibliografia especialitzada. L'any 1990 un estudi de salut realitzat entre els treballadors de vuit plantes cloroalcalines a Suècia havia permès establir una relació causal entre l'exposició als vapors de mercuri dels treballadors com a conseqüència de la seva manipulació a l'interior de les instal·lacions i una major incidència de determinades patologies, especialment certes malalties cardiovasculars. La mortalitat per afectació al cervell o els ronyons (òrgans diana del mercuri inorgànic) no semblava

<sup>230</sup> S'avaluaren les capacitats intel·lectuals, l'atenció i la competència social dels nens mitjançant una versió espanyola de McCarthy Scales of Children's Abilities que avalua el desenvolupament cognitiu d'infants.

<sup>231</sup> Els nivells de concentració dels compostos organoclorats en la població han continuat essent estudiats pels grups de recerca de l'IMIM i el CID. Dades recents mostren com els nivells d'acumulació d'aquests compostos entre la població de 14 anys han disminuït significativament fins estar per sota d'altres poblacions de referència, fet que evidencia una millora general de l'estat de salut de la població i dels nivells d'exposició a aquests compostos produïts per l'aturada de les línies productives i la disminució dels volums de producció del clor dels darrers anys. Comunicació personal amb Jordi Sunyer, de 19 de maig de 2014.



incrementar<sup>232</sup>. Tampoc la prevalença d'aquestes malalties en el moment de l'estudi. Però quan s'ampliava el període d'anàlisi fins als deu anys de latència, la taxa d'incidència de tumors en aquest òrgans patia un cert increment (Barregard *et al.*, 1990). L'any 2002 la UNEP publicà un informe corroborant aquestes dades. S'havia determinat que l'exposició en adults a dosis elevades de metilmercuri podia causar danys al sistema nerviós i incrementar el risc de determinades malalties cardiovasculars. També havia estat classificat com a possible carcinogen en humans per la IARC l'any 1993. En infants per altra banda, l'exposició prenatal podia ser la causa d'efectes perjudicials en el ritme cardíac i la pressió sanguínia fins als set anys de vida i interferir en la funcionalitat del cervell en formació<sup>233</sup> (PNUMA, 2002).

Metilmercuri en cabell			Mercuri total en cabell		
Regió analitzada	(µg/g)	% Flix	Regió analitzada	(µg/g)	% Flix
Menorca	0,370	45,07	Menorca	0,720	57,19
Rodalies (15 km de Flix)	0,406	49,45	Rodalies (15 km de Flix)	0,922	73,23
Flix	0,821	100,00	Flix	1,259	100,00
Ribera d'Ebre	0,631	76,86	Ribera d'Ebre	1,093	86,81
Mitjana tots	0,723	88,06	Mitjana tots	0,938	74,50

Taula 12 Nivells de concentració de mercuri i metilmercuri en cabell de nens de Flix (medianes)  
Elaboració pròpia a partir de Montouri *et al.* (2006)

Amb aquests antecedents, l'any 2006 Montouri *et al.* realitzaren una comparació entre l'exposició a mercuri orgànic i inorgànic en diferents regions catalanes: el mateix municipi de Flix, la mitjana d'un conjunt de municipis veïns fins a 15 km de distància, la mitjana de la comarca de la Ribera d'Ebre i una població de referència, Menorca, suposadament lliure de l'exposició al metall (Taula 12). Segons els seus resultats els nens de la població de Flix evidenciaven una major acumulació de la forma orgànica del mercuri, essent les nenes les que mostraven la concentració més significativa del compost. La mitjana de totes les mostres de l'estudi era de 0,723 µg/g en cabell, però les concentracions més elevades les mostraven els infants de la comarca. La seva concentració era quasi el doble que la mitjana de la població de referència (0,631 µg/g respecte 0,370 µg/g). Comparant-ho amb la població de Flix (0,821 µg/g) la diferència incrementava encara més (2,2 vegades la població de referència). El mateix passava pel mercuri total que prenia valors de 1,012 µg/g a Flix, 0,720 µg/g de mitjana a la Ribera i 0,476 µg/g a Menorca (2,1 i 1,5 vegades respecte Menorca). En canvi, no s'observaven diferències significatives en les poblacions a l'analitzar el contingut de mercuri inorgànic en cabell, tot i que Flix mostrava els nivells a l'ambient més elevats de tota la comarca. En relació al mercuri total, la seva concentració en la mostra poblacional era 1,15 vegades superior a la mitjana comarcal (1,259 µg/g respecte 1,093 µg/g de la Ribera) i 1,75 vegades superior a la població de referència (0,720 µg/g) (Montouri *et al.*, 2006).

Tot i que Batista *et al.* (1996) havia conclòs anys enrere que la població de Flix semblava

<sup>232</sup> El mercuri elemental és inhalat fins als pulmons on és ràpidament absorbit. Un cop passa a la sang s'oxida a la forma inorgànica Hg<sup>2+</sup>.

<sup>233</sup> L'any 2000 el National Research Council americà establí, a partir de l'estudi de casos com el de les Illes Fèroe, la dosis de referència que podia causar l'efecte perjudicial més comú, acceptat com a no letal, en 10 µg/g de mercuri total en cabell de la mare, equivalent a 58 µg/l de mercuri total en sang de cordó. Per aquests nivells d'exposició es podia detectar certs retards en el desenvolupament de l'atenció, la memòria verbal i el llenguatge (NCR, 2000). No obstant això, els estudis realitzats fins a dia d'avui no han pogut descartar que existeixi algun tipus d'afectació per a dosis més baixes (Trasande *et al.*, 2005).

acumular concentracions inferiors a la mitjana d'altres poblacions properes com Tortosa o Tarragona<sup>234</sup>, el fet és que en termes globals un 44,7% dels nens de Flix de 4 anys disposava d'uns nivells de metilmercuri en cabell superiors a la dosis de referència establerta per la USEPA, mentre a Menorca aquest percentatge només assolía el 6,8%<sup>235</sup>. El factor determinant semblava ser l'exposició aèria al metall com a conseqüència de les emissions de la fàbrica. El cert és però, que a Flix, tot i els elevats nivells d'exposició al metall al què ha estat sotmesa durant anys la població infantil i adulta, no s'ha pogut evidenciar que aquests hagin comportat un increment en la incidència dels trastorns descrits, tot i que no s'ha d'oblidar que, com s'ha descrit prèviament, les dades disponibles han estat limitades.

---

<sup>234</sup> Tot i la relativització de la importància dels valors de mercuri detectats entre la població de Flix, Batista *et al.* (1996) conclogueren que les diferències en els hàbits alimentaris entre les tres poblacions podien ser les responsables d'aquests resultats que diferien dels esperats. Les poblacions de Tarragona i Tortosa eren majors consumidores de peix fresc que la població de Flix (Batista *et al.*, 1996).

<sup>235</sup> El mercuri en cabell és utilitzat com a indicador de la capacitat del cos humà d'absorbir-lo. La raó entre contingut en cabell i en sang és aproximadament d'un 250:1. En cabell, entre un 70% i un 80% és la forma orgànica del mercuri que gaudeix d'un temps de permanència relativament elevat. En el teixit adipós el percentatge és més elevat. Al voltant d'un 90% és la seva forma orgànica i l'altre 10% la inorgànica. El valor de referència establert per la USEPA per a concentracions de mercuri en cabell humà és d'1,0 µg/g.

## Costos socials de l'electroquímica de Flix

L'activitat històrica de l'electroquímica de Flix ha condicionat l'escenari ambiental de la conca de l'Ebre i la seva àrea d'influència com a conseqüència dels abocaments, emissions i deposició de contaminants als medis hídric, atmosfèric i al sòl respectivament. L'Ebre ha patit una sèrie de transformacions al llarg del segle que n'han condicionat la seva qualitat ecològica. S'ha perdut biodiversitat, s'han homogeneïtzat els hàbitats naturals, s'ha reduït els cabals circulants, s'ha modificat la dinàmica sedimentològica del riu, s'ha contaminat l'aigua, etc. Tot això ha fet l'ecosistema més vulnerable a les perturbacions. En certa mesura, es pot atribuir aquest fenomen a l'apropiació per part de l'empresa d'uns recursos com l'aigua o l'aire, o fins d'un dret com és la salut humana, en el sentit que ha disposat pràcticament fins als anys 1980s de la facultat d'abocar contaminants al medi sense haver de retre comptes a la població, tot i saber l'impacte que podien tenir, i contravenint fins i tot en alguna ocasió la legislació que l'afectava (Barca, 2007). Aquest fet, no només ha comportat la degradació del medi, sinó que a més ha suposat una seriosa amenaça per la comunitat flixanca a l'hora d'obtenir els béns i serveis ambientals que l'ecosistema riberenc li oferia des de principis de segle XX. Les funcions de proveïment, regulació, de suport i culturals (classificació acceptada per les institucions en relació als serveis dels ecosistemes) s'han vist fortament alterades degut a la pèrdua de quantitat i qualitat físic-química de l'aigua de l'Ebre, així com de la qualitat biològica del seu ecosistema (Taula 13) (WRI, 2005; Brauman *et al.*, 2007).

D'aquesta manera, aspectes com el subministrament d'aigua per a usos humans, el proveïment d'aliments a través de la pesca o l'agricultura, la regulació físic-química i ecològica de l'ecosistema, així com els seus valors culturals, la capacitat d'atracció del turisme o la pròpia configuració del paisatge han quedat alterades, així com també altres activitats pròpies de les comunitats riberenques de principis de segle com la navegació per al transport de persones i mercaderies o els usos lúdics i recreatius del riu. En un radi territorial més ampli, aquesta alteració de les hidrodinàmiques del riu ha generat importants processos ambientals com la subsidència del Delta, amb la consegüent alteració de les funcions i serveis ambientals que aquest ecosistema tan particular aporta a la comunitat deltaica.

Per mantenir alguns d'aquests serveis (altres simplement han desaparegut) les administracions públiques fonamentalment, s'han vist obligades a realitzar un major esforç econòmic en programes de vigilància i control dels efectes de la contaminació, així com invertir una gran quantitat de recursos per dur a terme projectes i iniciatives que permetessin retornar al medi la qualitat necessària per recuperar-los o simplement, per evitar el manteniment d'un escenari

Categoria	Serveis ambientals de l'ecosistema fluvial de l'Ebre
Extracció d'aigua per a proveïment humà ( <i>proveïment d'aigua potable, producció energètica, etc.</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subministrament d'aigua potable a les poblacions tarragonines</li> <li>• Captació d'aigua per a la producció industrial</li> <li>• Captació d'aigua per a la producció energètica<sup>236</sup></li> <li>• Derivacions i extracció d'aigua per al reg dels cultius</li> </ul>
Proveïment humà amb aigua fluent ( <i>proveïment d'aliments, transport, recreació, etc.</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesca per al consum i pesca esportiva</li> <li>• Activitats recreatives (puntones i llaguts i altres activitats lúdiques)</li> <li>• Navegació fluvial per al transport de persones i mercaderies</li> </ul>
Serveis culturals proveïts per l'aigua ( <i>estètics, espirituals, educacionals, recreatius, etc.</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conformació de la identitat dels pobles de la Ribera i tota la conca</li> <li>• Element d'atracció per al turisme</li> <li>• Estratificació social (funció del volum de la flota de llaüts o de la posició ocupada dins l'embarcació)</li> <li>• Configuració de les relacions personals</li> <li>• Garantia laboral per als fills del municipi</li> </ul>
Mitigació de danys ( <i>regulació climàtica, de les inundacions, les malalties, depuració d'aigua, etc.</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulació de la qualitat ecològica de l'ecosistema</li> <li>• Dilució dels contaminants</li> <li>• Règim d'avingudes per evacuació de contaminants</li> <li>• Règim sedimentològic de configuració del Delta</li> </ul>
Suport a serveis ambientals ( <i>cicle dels nutrients, formació de sòl, producció primària, etc.</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suport a la configuració del paisatge ebrenc: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Proveïment d'aigua per al creixement vegetal (i diversitat)</li> <li>○ Proveïment d'aigua per a la generació d'hàbitats</li> <li>○ Configuració del meandre de Flix i Reserva natural de Sebes</li> </ul> </li> <li>• Suport vital al bon estat de salut de la població</li> </ul>

Taula 13 Funcions del riu a l'entorn de Flix a principis de segle XX  
Elaboració pròpia a partir de WRI (2005); Brauman *et al.* (2007)

de risc ambiental que podia materialitzar-se en qualsevol moment, impedit encara més aquestes funcions i amb greus conseqüències pel medi i la salut de les persones.

La qualitat dels sòls de l'emplaçament industrial, i per influència els sòls d'altres parcel·les que d'una manera o altre han estat relacionades amb l'activitat de la fàbrica, també han patit aquest fenomen d'apropiació de la qualitat del medi. Les emissions històriques incontrolades de l'electroquímica han suposat una dispersió generalitzada de contaminants com les dioxines i els furans, l'hexaclorobenzè o el mercuri en un radi de fins a 25 quilòmetres a l'entorn del municipi (Garí *et al.*, 2014). Tot i que la producció de compostos organoclorats s'aturà majoritàriament als anys 1980s-1990s, la deposició d'aquests compostos al sòl no ha cessat encara. La seva afectació als cultius ha estat descartada perquè sembla que no superen els valors màxims de seguretat establerts per les autoritats, però en canvi la seva permanència a l'ambient i per tant, la seva afectació a la salut humana, continua essent motiu de debat. A més, l'impacte generalitzat al sol i al subsòl sobre els que l'electroquímica ha desenvolupat la seva activitat al llarg del segle deixa com a mínim 40 ha de terreny amb unes concentracions de substàncies contaminants que condicionen els usos futurs de l'emplaçament un cop l'empresa hagi abandonat el recinte. Per una banda, condiona la voluntat d'altres activitats industrials d'instal·lar-se en un emplaçament contaminat i mantenir d'aquesta manera una certa activitat econòmica vinculada a la indústria al municipi, i per altra, la possibilitat de destinar l'emplaçament a altres usos no industrials (equipaments municipals o fins residencials, si es

<sup>236</sup> Brauman *et al.* (2007) considera aquesta funció més pròpia de la categoria vinculada als usos sense extracció pel fet que l'aigua captada per a la producció energètica és retornada al riu un cop ha fet la seva funció. En el cas de Flix he volgut situar-la en la categoria vinculada a l'extracció perquè aquí la captació per a proveïment energètic comporta la pràctica eliminació del flux del corrent al llarg del meandre i per tant, si més no al llarg d'aquests 5 quilòmetres, podem parlar pròpiament d'extracció.

volgués provar una requalificació dels terrenys per obtenir-ne un cert rendiment públic) que requeririen una qualitat del terreny que no tindrà si no s'hi actua. Si la Llei de Responsabilitats Ambientals de 2007 fos aplicable, amb molta probabilitat empresa i administracions haurien desenvolupat un projecte de descontaminació dels sòls que suposaria unes despeses milionàries. Tanmateix, la seva no aplicabilitat en aquest cas (només és aplicable davant danys produïts a partir del 30 d'abril de 2007), comporta que sigui legalment viable que deixi d'actuar-se sobre parcel·les que acumulen elevades concentracions de contaminants i que poden arribar a suposar un risc per la salut des del punt de vista de la toxicologia i l'epidemiologia ambiental, pel sol fet que no disposen de líndars regulats en la legislació específica de sòls contaminats (legislació que es basa en criteris de qualitat del sòl i no de salut pública). Segons la regulació, mentre no s'intenti donar un nou ús a l'espai afectat que pugui comportar la mobilització de terres i per tant l'alliberament dels contaminants, no han de suposar cap perill per la població ni el medi i per tant, no cal fer la despesa.

Tot i amb això, una part de l'afectació a la salut de la població com a conseqüència dels elevats nivells d'exposició a contaminants a l'ambient de Flix ja s'ha produït. Tot i les discussions i debats sobre aquest fenomen hi ha evidències clares que així ho indiquen. Però més enllà dels efectes ja evidenciats, hi ha una altra part de l'impacte sobre la salut que encara no s'ha fet realitat, perquè els efectes d'aquest tipus de contaminants de vegades poden trigar anys a materialitzar-se. En alguns casos els impactes poden ser reversibles, si tenen tractament i no deixen seqüeles. En d'altres en canvi, els seus efectes poden esdevenir irreversibles, més quan s'han cuinat a foc lent i durant tants anys.

L'empresa per la seva banda, no ha reconegut mai aquesta possibilitat aferrant-se a la incertesa estadística de les dades. Per tant, els costos que pot haver suposat tenir una major cura de la salut, o que encara estan per venir, han estat transferits a la societat en el seu conjunt, bé individualment entre els que ho han patit, o per mitjà dels sistemes de salut pública. En canvi, aquesta s'ha beneficiat temporalment d'un enriquiment injust al no prendre les mesures necessàries que haguessin permès minimitzar els impactes de la seva activitat, especialment un cop ja havia pres la decisió del seu tancament. Ha realitzat un esforç econòmic contingut per situar els nivells d'emissió dels seus contaminants per sota dels límits legals, mentre la major inversió que suposava el canvi tecnològic que hagués situat a nivells mínims aquestes emissions se l'ha estalviat gràcies a la pressió que ha exercit, junt a la resta d'empreses europees del sector, en els òrgans de govern comunitaris. Tot plegat ha generat també una pèrdua d'oportunitats pel municipi al veure limitada la seva capacitat de diversificació econòmica (per mitjà del turisme o atraient la inversió d'altres capitals industrials) mentre ha estat un fenomen mediàtic com a conseqüència dels elevats nivells de contaminació.

Tots aquests elements formen part del passiu ambiental acumulat per l'electroquímica de Flix al llarg del segle com a conseqüència de la seva activitat. Tot i que hem de partir de la base que per defecte aquest passiu serà menor que el cost social global que pugui haver causat al llarg del segle (perquè en aquesta última valoració s'hi inclouen no només aquells aspectes que poden tenir una traducció en unitats monetàries, sinó també aquells que no en tenen), la seva quantificació ens pot donar una idea del deute acumulat per l'empresa amb la societat per no haver assumit la seva responsabilitat respecte els danys que la seva activitat, intencionadament



o no, conscientment o no, ha produït. Martínez-Alier i Roca (2013) defineixen el passiu ambiental com la suma de danys no compensats produïts per l'empresa al medi al llarg de la seva història, tant durant la seva activitat normal com en cas d'accident i els desglossen en cost de la reparació del dany (despeses defensives), valor de la producció perduda a causa de la contaminació (o el què és el mateix, la riquesa no produïda) i cost dels danys que ja s'han produït i que continuaran existint en el futur tot i la reparació del medi (Martínez-Alier i Roca, 2013). Aquesta serà la intenció de les properes pàgines, posar valors a alguns dels components del passiu ambiental de l'electroquímica de Flix en la mesura que existeixin dades suficients per poder-los quantificar i es pugui trobar una manera prou coherent per convertir la mesura del dany en un cost monetari.

Com s'ha plantejat en l'apartat introductori, per realitzar aquest exercici ens trobem amb limitacions importants que seran exposades a mesura que anem desgranant el seu càlcul en els propers apartats. Tanmateix, l'objectiu final és donar visibilitat als costos socials que des d'una perspectiva global, és a dir, més enllà del cost declarat per la iniciativa privada, pot tenir la presa de decisions ambientals en el sí de les activitats productives i buscar un mecanisme de minimització dels impactes ambientals de les indústries, així com de redistribució de la riquesa material un cop aquests ja s'han produït, socialment més equitatiu. Per tant, s'ha de considerar que l'assumpció d'aquestes limitacions no és una limitació en sí mateixa de cara al desenvolupament de la recerca.

### **Retorn de la qualitat ecològica del medi**

La gran muntanya de fangs contaminats acumulats a l'embassament de Flix i la gran dispersió dels mateixos contaminants als sòls on històricament han estat ubicades les instal·lacions industrials corresponen a dos dels grans impactes produït a l'entorn del municipi i que estan suposant, o poden suposar respectivament, projectes de restauració i rehabilitació del medi de gran magnitud amb elevades inversions econòmiques. Per altra banda, la degradació de l'ecosistema riberenc ha comportat també la necessitat d'implantar projectes de restauració d'elements naturals singulars com el meandre de Flix (el Meandre del Castell), un espai natural protegit de gran valor ecològic, que han arribat a ser inclosos com actuacions de caràcter prioritari en la planificació hidrològica nacional. Tots ells pertanyen a la categoria de cost de la reparació del dany ambiental de l'electroquímica de Flix.

### ***La restauració de l'embassament***

Les irregularitats detectades en els abocaments de la fàbrica de Flix per la Junta de Sanejament i la Junta de Residus durant les inspeccions realitzades entre els anys 1992 i 1993 just creat el Departament de Medi Ambient<sup>237</sup>, dugueren a analitzar amb major detall el contingut dels sediments acumulats a l'embassament. S'impulsaren amb aquest objectiu dos convenis de col·laboració per import de 10,60 milions de pessetes amb els dos organismes del CSIC

---

<sup>237</sup> La creació del departament comportà la transferència per part de l'estat de part de les competències en matèria de medi ambient a les autonomies. Es crearien dos organismes depenents del departament per a gestionar les competències en matèria d'aigües i residus respectivament, la Junta d'Aigües i la Junta de Residus. Actualment equivalen a l'Agència Catalana de l'Aigua i l'Agència de Residus de Catalunya.

esmentats prèviament, l'Institut de Ciències del Mar i el Centre d'Investigació i Desenvolupament, per a la realització dels següents estudis:

- Estudi geoquímic i sedimentològic dels fangs i contaminants sedimentats en el riu Ebre a l'alçada de Flix
- Estudi sísmic dels fangs i contaminants sedimentats en el riu Ebre a l'alçada de Flix
- Informe dels resultats de l'anàlisi de compostos orgànics clorats semivolàtils en els sediments superficials de l'embassament de Flix (riu Ebre)

Els resultats mostraren uns elevats nivells de compostos organoclorats en els fangs de l'embassament que feren témer l'existència d'un risc important de contaminació de l'aigua de l'Ebre i d'afectació a la salut de la població que prenia l'aigua de boca uns quilòmetres avall de la fàbrica de Flix. Per valorar la importància i magnitud del risc s'encarregà de forma immediata al Departament de Química Analítica del CID-CSIC (que posteriorment faria tot el seguiment del cas fins a l'elaboració del projecte de descontaminació) la realització de l'*Estudi de la dinàmica dels compostos organoclorats en els sistemes aquàtics continentals*. Amb una dotació de 900.000 ptes. per la primera fase (que seria realitzada entre els anys 1996 i 1999) i 83.213.000 ptes. per la segona (entre 1999 i 2003), l'objectiu de l'estudi seria comparar la composició de compostos organoclorats en diferents sistemes d'aigua dolça a nivell europeu, entre els quals figurava l'embassament de Flix, per determinar l'excés que podien representar els valors trobats a la Ribera respecte d'altres sistemes de referència (Taula 14). El projecte fou entregat finalment a l'Agència Catalana de l'Aigua el 10 de desembre de 2003 mostrant evidències sobre la importància del cas.

Els resultats d'aquest informe foren publicats nou mesos més tard als mitjans de comunicació com a conseqüència d'una filtració a la premsa i no pas per decisió de l'Agència Catalana de l'Aigua o del Departament de Medi Ambient. L'alarmisme que generà estimulà la creació de les Comissions Tècnica i de Seguiment de la contaminació de l'embassament, que tindrien per objectiu consensuar una proposta per a la descontaminació. El 26 d'octubre de 2005, un any després de l'inici de les reunions de la Comissió Tècnica, la Comissió de Seguiment aprovà la retirada dels fangs com la millor alternativa a la descontaminació des del punt de vista ambiental. Les propostes de confinament i tractament *in situ* havien estat rebutjades per la manca d'efectivitat que es considerava que podien tenir, degut a les dimensions i composició de la muntanya de sediments contaminats acumulats, i pel risc que continuaria suposant la seva possible resuspensió en cas que simplement fossin confinats dins l'embassament.

Tanmateix, aquest risc es mantindria inalterable mentre l'extracció dels fangs no fos materialitzada, perquè el projecte de descontaminació preveia un mur de contenció que podia assumir avingudes de fins a 3.000 m<sup>3</sup>/s, però no majors. Per aquest motiu se subscrigué un nou conveni amb el CID-CSIC per a la realització del *Model conceptual per comprendre el risc dels fangs tòxics continguts a l'embassament de Flix. Propostes per al seu estudi científic*. L'estudi realitzat entre els anys 2005 i 2007 disposaria d'un pressupost de 2.521.057,55 €, que serien finançats en un 70% pel Ministeri de Medi Ambient i un 30% per l'Agència Catalana de l'Aigua (Taula 14).

Període	Estudi	Cost (ptes./€)
1994 – 1996	Convenis amb el CID-CSIC per a la realització dels estudis geoquímic, sedimentològic, de risc sísmic i de compostos orgànics semivolàtils (encàrrec del DMA)	10.600.000 ptes.
1996 – 2003 ( <sup>238</sup> )	Subvenció al CID-CSIC per a la realització de l'estudi de la dinàmica dels compostos organoclorats (encàrrec del Comissionat d'Universitats i Recerca a partir del II Pla de Recerca de Catalunya)	83.213.000 ptes. 900.000 ptes.
2005 – 2007 ( <sup>239</sup> )	Estudi bibliogràfic del coneixement actual del risc ambiental dels contaminants de l'embassament de Flix	12.000 €
	Estudi de la mobilitat dels metalls pesants, compostos organoclorats i radionúclids de l'embassament de Flix i de la seva capacitat d'acumulació a les cadenes tròfiques (projecte MOBITROF)	1.248.528,80 €
	Diagnòstic dels efectes de contaminants en la fauna del tram baix del riu Ebre amb especial atenció als abocaments de Flix	831.823,20 €
	Comunitats de macroinvertebrats en els ecosistemes del Baix Ebre	214.294,00 €
	Metalls pesants i organoclorats en el curs inferior i delta del riu Ebre: l'ornitofauna com a bioindicadora	214.411,55 €
	<b>Total</b>	<b>2.521.057,55 €</b>

Taula 14 Cost dels estudis per a la determinació del risc associat als fangs de l'embassament DOGC núm. 2320 [30.01.1997]; BOE núm. 72 [24.03.2007]

Els resultats d'aquest multi-estudi, que comportà la col·laboració de centenars d'investigadors de diferents grups de recerca d'universitats i centres de recerca catalans, comprenien des de la identificació dels possibles efectes de l'exposició als contaminants sobre els organismes de l'ecosistema fluvial (des d'insectes i petits crustacis fins a l'avifauna), a la caracterització del risc per a la salut humana. D'aquesta manera es pretenia desenvolupar un model de gestió del risc a nivell de conca que inclogués un anàlisi risc-benefici, així com un pla per a la seva reducció progressiva. Els resultats foren presentats en un congrés celebrat a Tarragona l'any 2008 per estimular el debat entre la comunitat científica. Una de les principals conclusions d'aquests estudis fou el fet que el risc de mobilització dels sediments es feia efectiu a partir de cabals superiors als 900 m<sup>3</sup>/s<sup>240</sup>.

L'interès que suscità el cas comportà que el govern espanyol considerés aviat la necessitat de preveure una reserva de diners a la planificació hidrològica per fer front a les despeses que comportaria el projecte de restauració. D'aquesta manera la modificació de 2004 del Pla Hidrològic Nacional (PHN) incorporà com a actuació d'interès prioritari la primera fase de les actuacions, resolució que seria mantinguda en la nova revisió del PHN de l'any 2005<sup>241</sup>. Però si bé inicialment el Ministeri de Medi Ambient havia realitzat una reserva de 90 milions €, la

<sup>238</sup> Resolució de 18 de desembre de 1996, per la qual, en el marc del Pla de recerca 1993-1996, s'adjudiquen ajuts CIRIT - Departament de Medi Ambient per a la preparació i redacció de projectes de R+D relacionats amb el medi ambient (DOGC núm. 2320, de 30.01.1997); mentre la segona fase del projecte es concedí via la Resolució de 15 de novembre de 1999 de la CIRIT i el Departament de Medi Ambient.

<sup>239</sup> Resolució de la Secretaria General per al Territori i la Biodiversitat de 27 de febrer de 2007, BOE núm. 72, de 24.03.2007.

<sup>240</sup> Conclusions presentades al Workshop de recerca *Industrial pollution in rivers. Effects on water quality, biota and agriculture*, celebrat a la Universitat Rovira i Virgili de Tarragona, del 6 al 8 de febrer de 2008.

<sup>241</sup> Reial Decret Llei 2/2004 de 18 de juny, de modificació de la Llei del transvasament. Un any més tard s'aprovaria la Llei 11/2005, de 22 de juny, que substituiria l'antic Pla Hidrològic Nacional, incloent aquesta actuació. Seria l'actuació en matèria de millora de la qualitat de les aigües a Catalunya amb major dotació pressupostària.

Actuacions/projectes	Societat encarregada	Import (€, IVA inclòs)
Treballs de caracterització dels materials	Getinsa Ingeniería, SL	4.424.594,00
Projecte constructiu per a l'eliminació de la contaminació química a l'embassament	UTE-Unión Temporal de Empresas (FCC Construcción SA i FCC Ámbito, SA)	155.142.049,00
Assistència tècnica:		
Direcció de les obres d'eliminació de la contaminació	Getinsa Ingeniería, SL Eptisa Ingeniería, SL Enginyeria i Servies, SAU	5.761.541,13
Direcció ambiental de les obres	Atenea, Seguridad y Medio Ambiente, SA I.Z.Ingenieros y Consultores, SL (UTE)	865.824,00
Consultoria i assistència per a la coordinació de seguretat i la salut	Paymacotas, SAU Prointec, SA (UTE)	1.094.174,20
<b>Total</b>		<b>162.863588,33</b>

Taula 15 Costos dels treballs per a la neteja de l'embassament  
BOE núm. 171 [16.07.2008]

licitació dels treballs encomanada a ACUAMED fou adjudicada finalment per 162,9 milions €, que sumats als 4,4 milions € atorgats l'any 2006 a Getinsa Ingeniería, S.L. per caracteritzar amb major detall els materials de l'embassament abans de l'inici de les obres, elevaven la xifra fins a 167,3 milions €<sup>242</sup> (Taula 15). D'aquests, un 70% serien coberts per la Unió Europea mitjançant Fons de Cohesió (al voltant de 117,1 milions €), sempre i quan els treballs de neteja estiguessin finalitzats abans de l'1 de gener de 2016, i la resta pel govern espanyol (50,2 milions €). Cal remarcar el fet que aquests diners, finançats pels impostos dels ciutadans europeus i espanyols, han deixat de poder ser destinats a altres finalitats de millora ambiental (no de reparació ambiental) que s'haguessin pogut dur a terme si el deute ambiental d'Ercros no s'hagués produït o si la pròpia empresa hi hagués fet front.

Rang de valors calculats	Valor (€)	Increment IPC fins a 2013 <sup>243</sup>	Valors actualitzats a 2013 (milions €)
Primers estudis CSIC caracterització (1994-1996)	63.707,28	56,00%	0,10
Comparativa sistemes continentals (1996-2003)	505.529,31	28,60%	0,65
Anàlisi risc-benefici (2005-2007)	2.521.057,55	13,20%	2,85
Caracterització materials Getinsa (2006)	4.400.000,00	15,90%	5,10
Obres d'extracció (2008)	162.900.000,00	7,80%	175,61
<b>Total</b>	<b>170.390.294,14</b>		<b>184,31</b>

Taula 16 Cost de la restauració de l'embassament  
Elaboració pròpia

Considerant doncs tots els costos desglossats prèviament (convertits en euros i actualitzats a valors de 2013), la despesa realitzada fins a l'adjudicació de les obres de descontaminació per

<sup>242</sup> ACUAMED (Societat Estatal d'Aigües de les Conques Mediterrànies, S.A.) és una empresa pública del depenent del Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi Ambient, constituïda l'any 2004 per derogació de la Sociedad Estatal Infraestructuras del Tránsito S.A. que deixà de tenir sentit amb la derogació del Pla Hidrològic Nacional de 2001. Com a empresa pública participà de la Comissió de Seguiment i més tard li seria encarregada la gestió del projecte de descontaminació de l'embassament.

<sup>243</sup> Per actualitzar els costos a dades de 2013 s'ha utilitzat el càlcul de variacions de l'Índex de Preus de Consum (IPC), base 2011, que proporciona l'Institut Nacional d'Estadística i que no modifica les dades corresponents a les sèries anteriors. Tot i que l'INE elabora mensualment aquesta estadística, s'ha utilitzat sempre el valor corresponent al mes de juny de cada any analitzat per mantenir un criteri únic. En les properes pàgines, totes les actualitzacions de preus realitzades estaran basades en la mateixa sèrie de dades.

garantir la recuperació de la qualitat ecològica a l'embassament de Flix assoliria els 184,31 milions €<sup>244</sup> (Taula 16).

### ***La neteja dels sòls industrials***

La primera aproximació a la caracterització dels contaminants acumulats als sòls de l'emplaçament d'Ercros realitzada per CESPÀ entre els anys 2005 i 2008 mostrà una dispersió generalitzada de compostos organoclorats en totes les parcel·les industrials, així com algun focus important de metalls pesants. Els treballs de diagnòsi s'havien iniciat l'any 2005 però vuit anys més tard els resultats dels estudis d'avaluació del risc per a la salut humana, que havien de determinar si l'emplaçament havia de ser sotmès al procediment administratiu per a la declaració de sòls contaminants, encara no estaven enllestits. L'única parcel·la avaluada mostrava uns nivells de concentració de contaminants per damunt de nivells de seguretat establerts en diferents legislacions arreu d'Europa, però la suposada estanquitat dels contaminants, atès que es trobaven confinats sota una capa de paviment d'un gruix que segons expressava l'informe impedia l'escapament dels compostos volàtils que se'n poguessin desprendre, feia considerar innecessària l'actuació per a la descontaminació de la parcel·la. A més, segons l'administració i l'empresa avaluadora, la profunditat a la què es trobaven els contaminants els conferia unes condicions de confinament que garantien la seva immobilització al sòl mentre no es produïssin moviments de terres. Per tant, tot i que quedava pendent la finalització dels estudis per a l'avaluació del recinte sencer, tot feia pensar que la major part del terreny seria considerat com a no contaminat (és a dir, que no es realitzaria la declaració de sòls contaminants) i per tant, no subjecte a cap tipus d'intervenció.

Però els protocols d'avaluació del risc per la salut humana estaven elaborats en base a un procediment que patia de mancances evidents. Per una banda, els compostos que podien suposar un elevat risc d'impacte sobre la salut humana des del punt de vista sanitari, però que no disposaven de valor límit de referència per inhalació a la legislació actuant, havien estat descartats per a l'avaluació (aquest era el cas pels clorobenzens, els PCBs, els fenols o els HCHs). Per altra banda, els estudis només contemplaven l'escenari sota el què s'havien avaluat les parcel·les, és a dir, un escenari en el què els usos del sòl o l'activitat en ells realitzada no variés en el temps, i per tant, no es contemplava el risc potencial que podia esdevenir en un futur, d'una situació en què es volgués treure un cert rendiment d'uns terrenys abandonats i en desús.

Suposant que un cop l'empresa aturés definitivament la seva activitat decidís marxar del municipi, els terrenys del recinte industrial quedarien en un estat de contaminació que hipotecaria les possibilitats futures de desenvolupar-hi qualsevol altre activitat. En cas que amb els anys els terrenys es volguessin tornar a posar operatius s'hauria de realitzar una nova avaluació del risc per la salut humana de les mateixes parcel·les, i en cas que es detectés

---

<sup>244</sup> Tot i que les modificacions que es produïren respecte al projecte original (comentades en el capítol 3) comportaren un increment dels costos totals degut a, entre d'altres, la necessitat de realitzar obres de millora del sistema viari a l'entrada del poble, per assumir l'increment de tràfic rodat del trasllat dels fangs tractats al seu destí final, aquest cost no ha estat contemplat en aquest apartat degut a la manca d'informació sobre la seva quantia.



novament la presència de contaminants s'hauria de procedir molt probablement a la seva neteja. Un cop l'empresa fora del municipi, és incert saber qui finalment pagaria els costos d'aquesta descontaminació. Si bé racionalment la responsabilitat d'aquesta contaminació recauria sobre l'empresa, els mecanismes legals per obligar-la a assumir la despesa no estan avui dia encara molt clars. Per tant, a dia d'avui el cost del què suposaria retornar als sòls la seva qualitat original forma part també del passiu ambiental de l'electroquímica de Flix, que junt al cost de la descontaminació de l'embassament representaria el valor de la restauració del medi com a conseqüència de l'activitat de la fàbrica al llarg de la seva història<sup>245</sup>. Analitzem però amb deteniment, el grau de contaminació al què estan subjectes les parcel·les industrials de Flix.

El recinte industrial emplaçat per sota de la carretera de Riba-roja ocupa unes 40 ha de terreny. La contaminació en tot el recinte està distribuïda heterogèniament i per tant, la concentració de compostos orgànics i metalls pesants varia en funció de l'activitat que històricament s'hi ha desenvolupat al damunt. Si segreguem l'emplaçament en parcel·les, un cop descartades les que mostren menor contingut de compostos, la resta suposen una mica més de 18 ha. D'aquestes, un 24% mostren indicis de contaminació elevada i un 20% de contaminació mitjana, unes 8,11 ha en total. El 56% restant mostren signes de contaminació que pot considerar-se moderada o baixa. El volum afectat per aquelles primeres parcel·les comprèn uns 386.783 m<sup>3</sup> de sòl, considerant només els estrats argilosos i sorrençs de fins a 0,08 mm de diàmetre de partícula, la profunditat dels quals pot identificar-se a partir dels perfils hidrogeològics dels estudis realitzats per CESPÀ<sup>246</sup>.

La diferent composició dels sòls a nivell de contaminants obliga a aplicar diferents tractaments en funció de la seva tipologia. En tot cas, aquests seran similars als aplicats al tractament dels fangs de l'embassament atès que la composició ha de ser similar. Per tant, pot considerar-se que la inversió en la construcció de noves instal·lacions no serà necessària (com a molt podria ser necessari desenvolupar petites adaptacions que no seran comptabilitzades) i que s'aplicaran tractaments de desorció per als sòls compostos principalment per volàtils i semivolàtils orgànics, d'oxidació-reducció per als sòls que mostrin una presència majoritària de volàtils encara que en concentracions moderades, i d'estabilització quan es detecti la presència de metalls pesants<sup>247</sup>. Per altra banda, consultant la bibliografia especialitzada pot fer-se una hipòtesi sobre el rang de valors en què es mouran els costos per a cadascun dels tipus de tractaments i decidir un cost hipotètic mitjà, que s'utilitzarà per al càlcul<sup>246</sup>. Així s'utilitzarà doncs, un cost mitjà de 140 €/m<sup>3</sup> per a l'estabilització, de 250 €/m<sup>3</sup> per a la desorció, i de 286 €/m<sup>3</sup> per a l'oxidació-reducció, el cost més elevat. Aplicant aquests costos unitaris al volum de

<sup>245</sup> A Rheinfelden, Alemanya, l'activitat d'una planta de fabricació petita de clor-sosa de la mateixa companyia, la Griesheim Chemik Electron, instaurada l'any 1898 i funcionant sota la mateixa tecnologia que la planta de Flix, havia produït uns nivells de contaminació que comportà un cost de neteja d'uns 35 milions USD\$ valorats l'any 2008. Les concentracions de mercuri màximes detectades havien estat de 24,4 mg/kg, mentre a Flix es detectaren valors puntuals de 20.000 mg/kg, més de 800 vegades més alts (Otto *et al.*, 2006; Weber *et al.*, 2008).

<sup>246</sup> Veure detall de la metodologia i criteris de classificació a l'Annex 3. *Metodologia de càlcul del cost de la descontaminació dels sòls industrials*.

<sup>247</sup> Aquesta aproximació obvia que part de les plantes de tractament estan construïdes sobre sòls que també haurien de ser retirats per a la seva neteja.

sòls a tractar per al 20% de les parcel·les ubicades entre l'embassament i la carretera de Ribarroja, la inversió necessària per restaurar els sòls estaria valorada en més de 100 milions € (Taula 17).

Tècnica	Tipus de sòl	Valor mig (€/m <sup>3</sup> )	Volum a tractar (m <sup>3</sup> )	Cost total (€)
Desorció	Composició majoritària de compostos volàtils i semivolàtils orgànics	250	141.263	35.315.750
Oxidació/reducció	Presència majoritària de volàtils però en concentracions moderades	286	224.100	64.092.600
Estabilització	Presència de metalls pesants	140	21.420	2.998.800
<b>Total</b>				<b>102.407.150</b>

Taula 17 Tècniques de tractament de sòls contaminats i costos a l'emplaçament de Flix  
Elaboració pròpia

Com podem veure doncs, els costos per descontaminar sòls industrials pugen ràpidament, perquè el volum de materials a tractar acostuma a ser força elevat per la seva facilitat de dispersió al medi<sup>248</sup>. Òbviament doncs, el cost de la neteja és un factor condicionant a l'hora de determinar administrativament quan una parcel·la és considerada contaminada i per tant, la Declaració de sòls contaminats és un acte administratiu que comporta una elevada responsabilitat pels organismes públics<sup>249</sup>. S'ha de tenir en compte a més, que l'inici d'un procediment d'aquestes característiques obliga a introduir una marca en el registre de la propietat conforme els terrenys estan afectats per un procediment de descontaminació de sòls, amb la consegüent devaluació del sòl que això pot comportar<sup>250</sup>.

Tot i que la descontaminació dels terrenys entre la carretera i el riu no ha estat realitzada i ni tan sols està prevista, l'empresa feu una reserva l'any 2013 de 3,66 milions € per a la descontaminació d'1,6 ha de terreny<sup>251</sup>. A finals de l'any 2014 es filtrà a premsa un informe que mostrava els elevats nivells de contaminants existents en sòls propers a la fàbrica, però fora del recinte industrial (Fig. 27). Segons l'informe de caracterització dels sòls, aquestes

<sup>248</sup> Aquesta quantificació tanmateix, ha estat realitzada utilitzant criteris conservadors. Només s'ha tingut en compte les parcel·les amb major grau de contaminació i s'ha acotat al màxim el volum de sòls a tractar. Essent una mica més agosarats, si consideréssim la resta de parcel·les avaluades, és a dir, les 10,24 ha restants afectades principalment per compostos volàtils amb concentracions moderades, excepte la parcel·la 11 amb un cert contingut de metalls pesants, i suposant una profunditat de neteja entre 3 i 4 metres, podríem estar parlant d'un cost addicional de 80 a 100 milions € més. Per altra banda, s'ha de considerar que al ser una estimació de preus mitjans realitzada en funció d'uns intervals de valors força amplis no s'ha realitzat l'actualització a valors de 2013 de les dades obtingudes a la bibliografia com s'ha fet en la resta d'apartats per a la comptabilització dels passius ambientals, perquè la incertesa i variabilitat de les dades és tan àmplia que no queda justificat intentar obtenir una aproximació més estricta dels valors.

<sup>249</sup> Fins que l'acte administratiu de Declaració de sòl contaminat no està executat, el procediment per a la definició i execució del projecte de recuperació no es considera iniciat. A partir d'aquest moment, segons la Llei de Residus i Sòls Contaminats, l'operador (l'empresa) té el termini d'un any per enllestir el procés i demostrar que s'ha eliminat el risc (De la Varga, 2011).

<sup>250</sup> Entrevista a J.A. Domènech i R. Oliva [14.01.2014] (M. Pujadas).

<sup>251</sup> L'any 2012 el grup anunciava també la contractació a FCC d'un projecte per a la descontaminació dels sòls de la fàbrica de Potasas y Derivados a El Hondón, Cartagena, per un període de tres anys. El volum de sòls a descontaminar mitjançant un rentat i assecat *in situ* era d'1,2 milions de metres cúbics i el cost de 38,3 milions € (aproximadament 32 €/m<sup>3</sup> per un tractament sense extracció de sòl). La Verdad (2012). *La limpieza de Potasas costará 38 millones y durará 3 años y medio*. Recuperat des de <http://www.laverdad.es> [17.04.2012]



Fig. 27 Localització de L'Aubal  
Elaboració pròpia a partir de Pla Ordenació Urbanística (1994)

parcel·les suposaven un «risc inacceptable per a la salut». Suposadament una de les parcel·les, anomenada el Dipòsit, havia estat una antiga zona d'abocaments de residus industrials. La filtració al sòl dels contaminants i l'elevada permeabilitat d'aquesta zona havia comportat la contaminació també d'una altra parcel·la ubicada en una cota inferior en la direcció al riu<sup>252</sup>. L'Aubal, nom amb què era coneguda aquesta parcel·la, havia estat una granja propietat de la fàbrica construïda l'any 1948 durant la postguerra per subministrar productes agrícoles i ramaders als treballadors. El recinte, ubicat per damunt de la carretera de Riba-roja, al sud-est de la colònia, havia deixat de funcionar als anys 1970s com a conseqüència de la crisi que havia afectat la companyia. Des del seu abandonament definitiu l'any 1974, els terrenys no havien estat novament utilitzats (Erkimia, 1997).

Les declaracions de l'Agència de Residus de Catalunya al mateix mitjà de comunicació precisaren que les parcel·les, que trigarien deu anys a ser descontaminades, havien començat a ser netejades l'any 2012 després que l'INCASOL rebutgés la seva compra degut a l'elevat grau de contaminació amb què estava afectada<sup>253</sup>. L'informe filtrat establí que l'emplaçament

<sup>252</sup> El diari (2014). *El vertido "inacceptable para la salud" de una empresa química en Tarragona no desaparecerá hasta 2022*. Recuperat des de <http://www.eldiario.es> [21.10.2014]; Ercros (2013). *Informe anual*.

<sup>253</sup> Rellegint la descripció dels esdeveniments que se succeïren des que s'aprovà el projecte de descontaminació de l'embassament fins que s'iniciaren els treballs d'extracció dels fangs, es pot fer la hipòtesi que aquesta havia estat la parcel·la inicialment seleccionada per dipositar els fangs residuals un cop tractats, motiu pel qual l'INCASOL n'hauria volgut la compra. Ara bé, segons declaracions del grup l'intent de venda de la finca l'Aubal a l'Incasol l'any 2011 no responia a aquests arguments (veure resposta a la pregunta 2.3 de l'annex 5). En tot cas, la identificació del grau de contaminació al què estaven subjectes aquests terrenys hauria fet enrere l'organisme públic de la seva compra, a l'adonar-se del traspàs de responsabilitats que aquest fet li podia suposar. El grup Ercros, en un altre cas similar, havia venut terrenys altament contaminats a l'administració pública sense sotmetre'ls prèviament a descontaminació, traspasant-li els costos de la seva neteja. L'any 1987 vengué a la Corporació Metropolitana de Barcelona, constituïda com a societat mercantil Marina Badalona, els terrenys d'una antiga planta de fabricació de productes químics similars als què s'havien produït a Flix per a l'ampliació del port de Badalona. Marina Badalona, constituïda en un 50% pel Consell Comarcal Barcelonès i el 50% restant per l'Ajuntament de Badalona, havia detectat uns elevats nivells

suposava «un risc toxicològic i cancerigen inacceptable [...] pels efectes cancerígens a partir dels compostos [trobat]».

### ***La recuperació del meandre de Flix***

El tancament del pas de l'aigua per a la construcció de la resclosa i de la nova central hidroelèctrica l'any 1949 comportà l'estrangulament del meandre de Flix i la dràstica reducció del cabal circulat. L'aigua per a la central era captada just al seu inici i abocada novament a l'Ebre un cop l'havia superat. Anys més tard, als anys 1960s, la construcció de les dues preses aigües amunt de Flix, Riba-roja i Mequinensa, que completaren el sistema d'embassaments del tram baix de l'Ebre, regulà definitivament el flux del riu de forma que «el cabal que baixa del riu amunt [...], s'ajusta a les necessitats hidroelèctriques i a l'alçada de Flix hi arriba només el cabal necessari per abastar la seva central hidroelèctrica» (Jiménez, 2004). Les necessitats energètiques de l'electroquímica, i per tant, l'apropiació dels cabals per part de la companyia, foren els detonants d'un procés de degradació física i biològica que afectà l'ecosistema fluvial del meandre del Castell:

«D'ençà la construcció de l'embassament de Flix, un tram del riu de més de cinc quilòmetres, que forma un espectacular meandre, resta gairebé sense circulació d'aigua la major part de l'any. Els problemes derivats d'aquesta alteració en la hidrologia, la pressió urbanística i les conseqüències de l'activitat industrial i urbana al seu entorn, han originat la degradació dels seus valors ecològics» (Jiménez, 2004)

La manca de cabal, conformat exclusivament la major part de l'any per les fuites de les comportes de la presa i l'aigua de la depuradora d'aigües residuals del municipi que abocava en aquest punt, així com l'estancament d'aquesta aigua pel poc desnivell existent entre el peu de la presa i el punt de sortida de les aigües de la central, comportaren problemes ambientals importants entre els quals la proliferació d'espècies exòtiques com el musclo zebra, al què les administracions hagueren de dedicar una especial atenció.

L'any 2006 el Ministeri de Medi Ambient, a través de la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre, havia presentat el Pla Integral de Protecció del Delta de l'Ebre (PIPDE), un projecte que contemplava actuacions per valor de 425 milions €, amb l'objectiu de retornar al Delta els seus valors ecològics perduts després de tants anys de desenvolupament econòmic de la regió<sup>254</sup>.

---

de contaminants a l'iniciar les obres. Els treballs de neteja li suposaren un cost de 3,4 milions € que sumats a la resta de costos derivats del cas (devaluació dels sòls, cànon, estudis i projectes previs, etc.) comportaren que interposés una demanda contra el grup per valor de 25,44 milions €. L'any 2006 un Jutjat de primera instància de Barcelona estimà parcialment la demanda i condemnà l'any 2008 al grup Ercros a pagar 8,90 milions € després de rectificar la primera sentència. Recorreguda la sentència pel grup, la causa arribà fins al Tribunal Suprem que a 2012 ratificà l'absolució produïda per l'Audiència Provincial de Barcelona l'any 2009 considerant «la improcedència de l'acció de responsabilitat civil extracontractual contra la societat anònima que desenvolupava legalment des de principis del segle XIX l'activitat de gran indústria», així com la improcedència del caràcter retroactiu de les normes ambientals sobre el què es basava la denúncia. La demanda de Marina Badalona al·ludia entre d'altres, al fenomen d'enriquiment injust del grup Ercros, pel fet de no haver assumit la responsabilitat de la neteja d'uns sòls pels quals històricament n'havia causat la contaminació (Sentència del Tribunal Suprem d'11 de juny de 2012; Intervenció del president d'Ercros, Antonio Zabalza, davant la Junta General d'Accionistes de 22 de juny de 2012).

<sup>254</sup> El projecte estava contemplat a la Llei del PHN de 2001 com a mesura de compensació social i

Entre les seves actuacions hi figurava el projecte de restauració del meandre de Flix que havia de garantir les seves funcions com a corredor biològic. Es preveien mesures per augmentar la capacitat de desaigua per sota la presa, estabilitzar els marges del riu, introduir el tractament terciari de l'EDAR de Flix mitjançant llacunatge i ordenar la pesca esportiva després de l'embassament. Les obres tingueren un cost de 6.854.907,90 € i vindrien finançades per mitjà dels Fons de Cohesió de la Unió Europea. Un 28% serien a fons perdut<sup>255</sup>. Actualitzats a valors de 2013, aquest esforç públic suposaria una inversió de l'ordre de 7,94 milions €<sup>256</sup>.

La influència de l'electroquímica sobre aquest fenomen l'ha dut en els darrers anys a contemplar la seva participació en projectes de desenvolupament local vinculats als espais naturals de Flix. La seva contribució econòmica ha ajudat a crear i desenvolupar la Reserva Natural de Sebes, una àrea natural d'aiguamolls a l'altre riba del riu davant les instal·lacions de l'electroquímica que fou catalogada l'any 1992 en el Pla d'Espais d'Interès Natural sota la denominació de la "Ribera de l'Ebre a Flix", juntament amb el "Meandre del Castell", i més tard considerada Reserva Natural de Fauna Salvatge. L'any 2001 els mateixos espais foren inclosos en el Catàleg de Zones Humides de Catalunya. La reserva, gestionada per un grup naturalista local, el Grup de Natura Freixe, ha disposat de finançament de l'empresa per a la rehabilitació del Mas del Director (antigues instal·lacions de la Cloratita) i la creació del Centre d'Interpretació Camí de Sirga amb l'objectiu de promoure i comunicar la història de la navegació fluvial a l'Ebre.

### **L'esforç públic per prevenir nous riscos**

Un cop aprovat el projecte de descontaminació de l'embassament, la Generalitat de Catalunya posà en dubte el fet que les obres, de ser executades en la forma prevista, no poguessin continuar suposant un risc de contaminació de l'aigua de l'Ebre. El mur de contenció estava dissenyat per suportar uns determinats cabals punta que, tot i que hidrològicament eren poc probables en el temps que havien de durar les obres, no podien ser descartats. A més, qualsevol incident durant les obres podia comportar una fuga de contaminants aigües avall, si la resuspensió de les partícules dels fangs travessava la barrera artificial imposada al riu. En cas que es produís, aquest fet comportaria l'arribada d'importants quantitats de contaminants a la desembocadura del Delta, generant un greu impacte ecològic. Per altra banda, el subministrament d'aigua de boca a les comarques tarragonines també quedaria amenaçat a l'arribar prèviament aquests contaminants a la planta depuradora de L'Ampolla. Seixanta-tres municipis amb una població de prop de 700.000 persones quedarien afectats per la captació

---

ambiental al projecte del transvasament. Un cop derogat, la proposta s'arrossegà fins a la nova aprovació del PHN de 2004.

<sup>255</sup> Informe del Cap de l'àrea de gestió mediambiental de la Comissaria d'Aigües de la CHE, José Juan Porras Luque, de 12 de juny de 2006 i Memòries d'ACUAMED de 2006 a 2009.

<sup>256</sup> Uns anys més tard, l'any 2009, el Ministeri de Medi Ambient Rural i Marí a través de la CHE, realitzava un nou projecte per a millorar l'estat ecològic dels rius del Baix Ebre. La memòria d'actuació al terme municipal de Flix plantejava el projecte de recuperació de camins a la zona del meandre per a promoure l'aproprament de la població al riu, tot creant zones de passeig a peu o en bicicleta. El total d'actuacions a Catalunya suposà una subvenció del Ministeri de 1.666.670 €. Com que no es coneix quina part d'aquests diners foren destinats al meandre, no s'ha considerat en el càlcul final de passius ambientals.



que el CAT tenia a l'alçada de Campredó, 50 km aigües avall de Flix. Els municipis havien elaborat temps enrere un seguit de plans d'emergència per fer front a una possible situació d'emergència (amb una inversió de 88.700 € finançada per la Generalitat) però les mesures previstes continuaven essent insuficient<sup>257</sup>.

El protocol d'alerta del CAT havia millorat després de l'episodi de contaminació per mercuri de Nadal de 2001. L'any 2004 s'havien instal·lat finalment els filtres de carbó actiu necessaris per contenir el metall amb un cost d'11,7 milions €, però continuava sense resoldre's el problema del subministrament en cas d'accident<sup>258</sup>. Per aquest motiu, la Generalitat de Catalunya sol·licità l'any 2008 un nou aplaçament en l'inici dels treballs d'extracció dels fangs fins elaborar el què s'anomenà el Pla de Restitució Territorial<sup>259</sup>. La Generalitat i el Ministeri de Medi Ambient i Medi Rural i Marí signaren un conveni l'any 2010 en què es comprometien a la realització d'un total de 144 obres per garantir la seguretat i millorar el servei de subministrament per quasi dos-cents mil habitants de 71 municipis<sup>260</sup>. El cost del projecte fou valorat en 57,3 milions € dels quals el Ministeri n'havia d'assumir dues terceres parts (al voltant de 36,3 milions €) i l'Agència Catalana de l'Aigua la resta (uns 21 milions €)<sup>261</sup>.

Més enllà, el risc associat a la dispersió generalitzada de la contaminació a l'ambient de Flix ha suposat altres mesures extraordinàries per a l'administració des que es produí l'incident de 2001 i es conegué més tard els resultats dels estudis del CSIC. L'any 2005 la Generalitat de Catalunya establí un protocol de vigilància a través de l'Agència Catalana de Seguretat Alimentària (ACSA) que pretenia coordinar els diferents departaments afectats per la possible incidència de la contaminació de l'embassament: el Sistema coordinat de vigilància de la contaminació química de les aigües de l'Ebre i dels aliments de la seva àrea d'influència<sup>262</sup>.

---

<sup>257</sup> Comunicat de premsa del Ministeri de Medi Ambient de 31 de maig de 2007.

<sup>258</sup> L'any 2011 el CAT instal·là també mesuradors en continu de mercuri a base d'una nova tecnologia via satèl·lit amb un cost força elevat que no ha pogut ser identificat. Si bé els filtres de carbó actiu avui dia estan instal·lats en la major part d'estacions de potabilització d'aigües, aquesta tecnologia de monitoreig en continu és pròpia només d'aquest sistema i és conseqüència de ser l'Ebre l'únic riu de Catalunya on, segons el Pla de gestió del districte de conca fluvial de Catalunya, la presència del mercuri és realment significativa.

<sup>259</sup> Figura contemplada a l'article 130.4 de la Llei d'aigües per compensar aquells àmbits territorials afectats per obres d'interès general i amb l'objectiu de programar, executar i finançar aquelles actuacions destinades a garantir l'abastament dels municipis de les Terres de l'Ebre.

<sup>260</sup> La realització d'aquestes obres causà un important retard en l'inici dels treballs d'extracció. Tot i que la seva execució només havia de durar 18 mesos, i que el conveni fou signat el març de 2010, a 2014 les obres encara no estaven enllestides. De fet, el Ministeri anuncià la represa dels treballs per a l'extracció dels fangs a principis de 2013, tot i que des de la Conselleria de Medi Ambient i Territori s'advertia del risc que això podia suposar (EcoDiari. Nació Digital (2012). *La descontaminació de Flix enfronta el Govern amb l'Estat*. Recuperat des de <http://www.naciodigital.cat/> [12.11.2012].

<sup>261</sup> Els municipis serien classificats en tres categories en funció de la influència de les aigües de l'Ebre en les captacions corresponents: municipis riberencs amb influència de l'Ebre al punt de captació, municipis aigües avall de Flix sense captació de l'Ebre i municipis a menys de 15 km de l'Ebre sense captació directa. Comunicat de premsa del Departament de Medi Ambient i Habitatge de 15 d'octubre de 2010.

<sup>262</sup> Aquest programa estava dissenyat per facilitar la coordinació del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural, el Departament de Salut i l'Agència Catalana de l'Aigua. Paral·lelament, el Departament d'Interior treballaria per a l'elaboració del PROCICAT, el Pla de Protecció Civil de Catalunya, per a la regió de les Terres de l'Ebre.

Aquest programa inclogué els mecanismes addicionals de control de les aigües del riu i dels aliments que els diferents organismes de l'administració pública catalana amb competències havien elaborat, entre ells el Programa de vigilància de l'afectació dels residus de l'embassament de Flix en aigües de consum humà i el Programa de qualitat de les aigües superficials de l'Agència Catalana de l'Aigua, a partir del qual s'implantà un sistema operatiu addicional de vigilància de les aigües de l'Ebre<sup>263</sup>. També s'hi inclogué l'ampliació i reforç dels Programes de vigilància de les zones de producció de marisc de Catalunya, de dioxines i furans en peixos i pinsos per a l'aqüicultura i el Pla de vigilància de residus de productes fitosanitaris en origen, que el Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural havia elaborat per millorar la seguretat al tram baix de la conca.

Per la seva banda, el Departament de Salut intensificà el seguiment i la monitorització realitzada en els aliments de la zona d'influència de l'Ebre i les aigües de consum públic (Programa Ebre aliments i Ebre aigües respectivament)<sup>264</sup> i incrementà el nombre de mostres d'aliments analitzats que es dividiren en cinc categories (peixos, mol·luscs bivalves, hortalisses, fruita i arròs i oli i fruita seca), així com el nombre de punts de captació d'aigües per a consum humà i de compostos estudiats (cadmi, crom, mercuri, níquel, plom i zinc, a més d'HCB, octacloroestirè, DDT, DDE, DDD, PCB i policloronaftalens)<sup>265</sup> (Arasa, 2009).

Rang de valors calculats	Valor (€)	Increment IPC fins a 2013	Valors actualitzats a 2013 (milions €)
Plans d'emergència dels municipis (2007)	88.700	13,2%	0,10
Pla de Restitució Territorial (2008)	57.300.000	7,8%	61,77
Filtres de carbó actiu de L'Ampolla (2004)	11.700.000	24,3%	14,54
<b>Total</b>	<b>69.088.700</b>		<b>76,41</b>

Taula 18 Cost de l'esforç addicional de l'administració  
Elaboració pròpia

Per tant, les administracions han hagut de fer un esforç addicional per garantir que la contaminació detectada a l'entorn de Flix no generés un problema major que l'identificat fins a principis de segle XXI. El risc que pogués perjudicar, més enllà del què ja ho havia fet, la població i el medi afectats mentre no s'aplicava la solució pactada era un risc real i contenir-lo havia de comportar per força un esforç addicional per a les administracions (Taula 18). Tot i que no s'han pogut recuperar finalment tots els costos dels elements identificats d'aquestes actuacions públiques, la suma del cost dels plans d'emergència, del Pla de Restitució Territorial i de l'aplicació dels filtres de carbó actiu a la planta potabilitzadora de L'Ampolla per si sols assoleixen la xifra de 76 milions € (valors actualitzats a 2013). Aquests doncs, formen part també del passiu ambiental de l'electroquímica de Flix.

<sup>263</sup> El cost addicional d'aquest sistema ha estat demanat diverses vegades a Antoni Munné de l'ACA que, tot i expressar també el seu interès en conèixer la dada, finalment no ha donat resposta. Entrevista A. Munné [4.04.2013] (M.Pujadas)

<sup>264</sup> El Programa Ebre aliments seria el nom curt amb què es coneixeria el Programa per a la identificació i valoració de substàncies tòxiques persistents en els aliments procedents de la conca i la costa de l'Ebre. Tot plegat seria una adaptació del Programa Estocolm a les Terres de l'Ebre, consistent en una intensificació del nombre de mostres d'aliments, la inclusió de més contaminants i un programa de vigilància de l'afectació dels residus en les aigües de consum humà.

<sup>265</sup> Es pot consultar una descripció més detallada al capítol IV d'aquest document.

### Cost del dany a la salut

Administració i comunitat científica no han arribat encara a un consens sobre l'existència o no d'impacte a la salut pública. Mentre els primers han fonamentat les seves argumentacions en la inexistència d'unes dades suficientment significatives, els epidemiòlegs no han dubtat en cap moment que els elevats nivells d'exposició als què estava sotmesa la població havien de comportar inevitablement danys a la salut. Tot i admetre que la mostra poblacional sobre la què es treballava era massa petita i la falta de dades massa gran com per afirmar amb prou rotunditat la seva existència, els nivells d'exposició a determinats contaminants ambientals com l'hexaclorobenzè han estat més elevats que els trobats en poblacions de referència que sí han mostrat aquesta afectació. Per tant racionalment, i des d'una perspectiva precientífica (Barca, 2014), s'ha d'assumir l'existència d'aquest impacte, tot i que el debat públic encara resti obert.

La metodologia per a la quantificació econòmica dels impactes sobre la salut respon a l'aplicació de la metodologia de l'*Environmental Attributable Fraction* (EAF) descrita a la introducció<sup>266</sup>. És evident que pretendre assignar un valor monetari a un dany ambiental pot contenir en molts moments un elevat grau de subjectivitat. En aquest sentit, pot qüestionar-se fins i tot la conveniència de la valoració monetària d'alguns dels seus elements quan afecten a aspectes de la vida humana als què èticament és difícil assignar un valor econòmic. Però la despesa generada com a conseqüència de la necessitat d'una atenció sanitària addicional a l'habitual és un cost real que ha de suportar el sistema públic (o la gestió sanitària privada) com a conseqüència d'aquest impacte, i que és perfectament objectivable.

Per altra banda, la pèrdua de guanys per inactivitat laboral que suposa una malaltia (baixes laborals, prestacions sanitàries i altres elements) ha estat acceptat en els darrers anys com a mesura dels costos indirectes no sanitaris. Novament és un paràmetre subjecte a fortes crítiques, perquè un cop entrats en el detall del seu càlcul les aproximacions i hipòtesis formulades acaben incorporant inevitablement biaixos significatius. No obstant, a l'hora d'aproximar un càlcul sobre el cost econòmic indirecte dels danys a la salut és un indicador orientatiu també força efectiu.

Ambdós conceptes seran utilitzats per calcular els passius ambientals de l'electroquímica de Flix derivats de l'afectació a la salut. S'ha de tenir en compte però, que són només una part d'aquest passiu i que s'ha aplicat un criteri de prudència a l'hora de valorar-los que comportarà subestimar inevitablement el seu valor<sup>267</sup>.

Els paràmetres d'impacte a la salut analitzats en el cas de Flix han estat els següents<sup>268</sup>:

---

<sup>266</sup> Veure el capítol V, *L'herència ambiental del segle XXI*, per un major detall dels impactes.

<sup>267</sup> Veure detall de la metodologia i criteris de classificació a l'Annex 4. *Metodologia de càlcul del cost d'una major cura de la salut de la població*.

<sup>268</sup> La metodologia de l'EAF demana disposar d'una sèrie de dades com ara la contribució de l'exposició ambiental a la malaltia o el cost genèric del tractament de la salut pública per determinades patologies que sovint no són fàcils d'obtenir. Establir, però, aquestes correlacions directes o en diferents passos entre l'exposició ambiental i els costos sobre la salut pública d'una major incidència de la malaltia com a conseqüència d'aquesta major exposició és essencial. Per tant, el càlcul s'ha limitat a aquests tres paràmetres, que són aquells pels què s'ha pogut obtenir informació per fer una

- L'increment en la incidència de càncer de tiroides entre els treballadors de la fàbrica com a conseqüència de l'exposició a HCB.
- L'increment de les taxes de prematuritat per una major acumulació de 4,4'-DDE en sang de cordó.
- L'alteració de la funció cognitiva dels infants en base a una major exposició i acumulació al cos de mercuri orgànic (metilmercuri).

Altres factors identificats a la bibliografia especialitzada i detallats en el capítol anterior, com el retard mental i psicomotor en infants afectats per l'acumulació de 4,4'-DDE (que podrien interferir als ja produïts pel metilmercuri), així com l'increment de les malalties cardiovasculars i de la incidència de tumors de ronyó i cervell com a conseqüència de l'exposició prolongada a mercuri elemental i inorgànic entre la població adulta treballadora de la fàbrica, pateixen d'una manca de dades prou significativa com per no ser contemplats, tot i que no s'ha de considerar que això signifiqui negar taxativament la seva existència. Tampoc s'ha considerat per manca de dades l'efecte de les emissions de clor continuades al llarg del segle que molt probablement ha suposat alteracions del sistema respiratori en una part important de la població, especialment la població infantil, i que podria ser important per al càlcul, no tant per la seva gravetat comparativament a les altres malalties considerades, sinó pel seu ampli abast poblacional.

Aplicant doncs la metodologia a les tres patologies descrites prèviament obtenim que la suma dels costos vinculats als possibles efectes sanitaris produïts en els darrers 40 anys (període entre 1975 i 2012) de la contaminació emesa per l'activitat de l'electroquímica afegiria entre 4,4 i 7,2 milions € més als passius ambientals considerats per l'empresa (Taula 19). Aquestes dades tanmateix, no consideren la resta d'efectes produïts en els gairebé vuitanta anys anteriors (període entre 1897 i 1975), ni els que encara es poden produir degut a la persistència dels contaminants al medi.

En el cas del càncer de tiroides, l'increment de la incidència de la malaltia entre la població treballadora de la fàbrica entre 1980 i 1989 fou d'un 0,222%. Si suposem que el 99,14% de les emissions d'HCB tenen per origen la fàbrica, que la contribució de l'exposició ambiental a la malaltia és del 85%, la taxa de mortalitat de l'1% i la durada de la malaltia de 5,75 anys, i considerem també un increment en la despesa sanitària de 12.809 € a 22.613 € anuals per cada nou cas de càncer, la despesa que ha pogut assumir la població des l'any 1945 (moment en què s'inicia la producció de DDT, un dels principals causants de la presència d'HCB a l'ambient<sup>269</sup>) fins l'any 1990 (moment en què la major part de les línies de producció d'organoclorats foren aturades) podem estimar una despesa addicional de 0,66 milions € a 1,17 milions € en 45 anys (entre 0,25 milions € i 0,44 milions € pel període entre 1975 i 1990) (Taula 19).

En relació a l'increment dels casos de parts prematurs com a conseqüència d'un major grau d'exposició a 4,4'-DDE, si considerem un increment del 6% en les taxes de prematuritat entre

---

aproximació prou raonable.

<sup>269</sup> Tot i que s'emetia amb molta probabilitat des que al 1931 s'introduí la fabricació de tricloroetilè/percloroetilè a les instal·lacions de Flix, es considera positiu per al càlcul deixar aquest marge de gairebé 20 anys d'acumulació del contaminant a l'ambient abans de començar a quantificar el cost dels seus efectes sobre la salut de la població.

1997 i 1999, una contribució de l'exposició ambiental a la major concentració en sang del compost del 33,33% i un cost extra per hospitalització i tractaments addicionals de la mare, en els casos de naixements a les 36 i les 35 setmanes de gestació, de 4.105 € i 7.819 € (2.100 USD\$ i 4.000 USD\$ de 1996), podríem estar parlant d'una despesa complementària de 0,12 milions € a 0,22 milions €, en el període comprès entre 1975 i 2012 (període pel què disposem de dades sobre naixements a Flix) (Taula 19).

Per últim, en el cas de l'afectació sobre la funció cognitiva dels infants de Flix degut al mercuri, suposant una contribució de les emissions de la fàbrica a l'exposició ambiental global del 42,91%, una alteració de la funció cognitiva valorada en -0,29 punts IQ per als infants de Flix nascuts entre 1997 i 1999, una pèrdua de guanys de per vida del 0,56% pels nens i el 0,94% per les nenes, així com uns ingressos de per vida esperats de 0,72 milions € a 1,50 milions € per un home i de 0,55 milions € a 1,00 milions € per una dona (considerant dos supòsits amb taxes de descompte del 3% i el 5%), podríem estimar una pèrdua de 4 mil € a 8 mil € de per vida per nen i de 5 mil a 10 mil € per nena. Suposant també que aquest efecte s'hagués pogut produir entre els anys 1975 i 2012, el cost total d'aquesta pèrdua cognitiva sobre la població de Flix podria assolir entre 4,03 milions € i 6,55 milions € en guanys de per vida perduts (Taula 19).

	Càncer de tiroides		Prematuritat	Funció cognitiva
Incidència	0,222%		6%	-0,29 punts IQ
Contribució industrial a l'exposició	99,14%		50%	42,81%
EAF	85%		33,33%	100%
Taxa de mortalitat	1%		-	-
Duració de la malaltia	5,75 anys		Uns 3 dies d'hospitalització	De per vida
Cost per cas i any (€)	12.809 - 22.613		4.105 - 7.819	Nen: 4.048 - 8.218 Nena: 5,181 - 10.151
Període considerat	1945 – 1990	1975 - 1990	1975 -2012	1975 -2012
Població en risc	900 treballadors		84,54 prematurs	1.409 nens/es
Cost període (milions €)	<b>0,66 - 1,17</b>	<b>0,25-0,44</b>	<b>0,12 - 0,22</b>	<b>4,03 - 6,55</b>
<b>Total (1975-2012)</b>	<b>4,40 – 7,21 milions €</b>			

Taula 19 Costos associats a l'afectació sobre la salut de l'activitat de la fàbrica  
Elaboració pròpia

Així doncs, la suma dels costos per a la salut considerant només l'afectació en el període 1975-2012 podria ser de l'ordre de 4,40 milions € a 7,21 milions €. Aquest costos corresponen a uns impactes ja produïts, i que en tot cas només poden ser compensats a la població.

### Pèrdua de riquesa per inactivitat econòmica

A banda de la despesa directa derivada dels projectes de recuperació i rehabilitació del medi o d'haver de tenir una major cura de la salut com a conseqüència de la contaminació generalitzada a l'entorn de Flix, el municipi ha patit també una pèrdua de riquesa derivada de projectes de desenvolupament econòmic que no s'han arribat a materialitzar per les mateixes raons. Aquest fet ha comportat per tant, una pèrdua d'oportunitats econòmiques que ha afectat indirectament la població (pèrdua d'oportunitats de negocis, de generació de nous llocs de treball, etc.). Tot i que no s'ha pogut comptabilitzar el valor que pot haver suposat aquesta pèrdua de riquesa, val la pena si més no descriure'n alguns casos per tenir-ho ben present.

L'any 2009, la Direcció General de Medi Natural del Departament de Medi Ambient de la

Generalitat de Catalunya, en un intent de combatre les espècies exòtiques presents a l'Ebre com els silurs, la luciperca, el luci, la perca americana o el peix gat, signà un conveni amb una empresa romanesa, Mondo Ivans, per realitzar diverses campanyes de captures de silurs per a l'exportació. Les transformacions que havia patit el sistema ebrenc al llarg del segle XX havien produït una alteració de les comunitats d'ictiofauna del tram baix del riu desplaçant les espècies autòctones per altres de forànies. El menor interès que les noves espècies presents a l'embassament podien tenir per la població local, així com l'ampli coneixement popular respecte l'acumulació de contaminants que podien presentar aquestes espècies, havien fet minvar la pesca per al consum. Però les noves espècies disposaven d'una demanda important en països de l'Europa de l'est, bé per al consum directe, bé com a matèria primera per a la producció de pinsos per animals, fet que estimulà l'oportunitat de negoci per a l'empresa romanesa.

El conveni signat entre Medi Natural i l'empresa contemplà aspectes de protecció de la fauna com la utilització d'arts de pesca artesanes menys agressives i invasives, però obvià els elevats nivells de compostos organoclorats i de metilmercuri que els individus d'aquestes espècies acumulaven al teixit adipós, degut principalment a les seves elevades dimensions i al fet de ser peixos bentònics. El Departament de Salut no estava monitoritzant aquesta espècie perquè no figurava a la llista d'aptes per al consum humà de l'Agència Catalana de Seguretat Alimentària. Per aquest motiu, el projecte avançà amb el consentiment de les diferents administracions. Però en fer-se pública la proposta, la comunitat acadèmica reaccionà alertant del risc per a la salut pública que podia suposar la signatura del conveni atès que, segons mostraven els estudis científics, set de cada deu exemplars disposaven de nivells de contaminants molt superiors als recomanats per l'OMS. El projecte fou finalment aturat quan l'empresa ja tenia quasi tres tones de captures a punt pel seu transport a Romania<sup>270</sup>.

Un altre exemple és el potencial perdut a nivell de promoció turística del municipi. Tot i que la Ribera de l'Ebre és la comarca amb menor contribució del turisme a la riquesa territorial de les Terres de l'Ebre (Duro, 2010), municipis com Flix disposen d'elements naturalístics i de patrimoni cultural que podrien haver estat des de fa temps un interessant reclam per aquest sector (espais naturals protegits com Sebes o el meandre, patrimoni històric com el Castell de Flix o el refugi antiaeri, etc.). Fins a finals del segle XX, l'única oferta hotelera present al municipi era l'Hotel Casino, antigues dependències de la colònia de fàbrica. L'any 2011 es construí al bell mig del meandre un complex hotelier de 4 estrelles amb una oferta de 35 places que disposava a més de 2 apartaments rurals de 10 places i 1 alberg. Tot i que la seva ocupació continua essent baixa a dia d'avui, el municipi està invertint força recursos per a promocionar-lo i vincular-lo a un nou tipus de turisme ambiental per a la comarca<sup>271</sup>.

<sup>270</sup> Conveni aprovat pel Consell de Pesca Continental de Catalunya integrat per representants de l'Administració, de societats de pescadors, de les universitats i d'associacions relacionades amb la defensa de la natura (Agència Catalana de Seguretat Alimentària (2009) *Animales marinos e inseguridad alimentaria: el caso del siluro* a Informe SAM 2009. Recuperat des de <http://www.gencat.cat/salut/acsa/html/ca/dir2927/sam/sam2009es.pdf> [21.06.2011]; El País (2009). *Cataluña permite la exportación a Rumania de un pez tóxico del Ebro* [12.11.2009]).

<sup>271</sup> A Flix s'hi poden trobar tant exemples d'actuacions exitoses com la Reserva de Sebes, com exemples de males pràctiques ambientals com la contaminació de l'embassament.



La presència de l'electroquímica ha condicionat aquest potencial turístic al llarg del segle a dos nivells. Per una banda, el fet que durant molts anys la fàbrica ha cobert bona part de les necessitats bàsiques de la població a nivell d'ocupació ha comportat una manca d'interès general a nivell local per explotar-lo. Fins que l'amenaça del tancament de la fàbrica no ha estat ben present al municipi, el govern municipal no ha començat a treballar per la diversificació econòmica del poble, turisme inclòs. Però per altra banda, el coneixement públic dels elevats nivells de contaminació presents al medi de Flix han pogut dissuadir durant molt anys l'existència d'una certa activitat turística al municipi.

Utilitzant tres dades econòmiques bàsiques de la regió i el municipi podem fer una aproximació molt genèrica, en ordres de magnitud, del què podria significar la pèrdua en aquest sector econòmic dels darrers anys:

1. El 10% del PIB de les comarques de les Terres de l'Ebre de 2010 corresponia al sector del turisme (Duro, 2010).
2. El PIB de la Ribera d'Ebre de 2010 ascendia a 1.500 milions €<sup>272</sup> (IDESCAT, 2013).
3. L'any 2010 (abans de la construcció del Ressor El Vilar de Flix) el municipi disposava d'un 6,3% de l'oferta d'allotjaments turístics de la comarca (Duro, 2010).

Tenint en compte, com s'ha dit prèviament, que la Ribera és la comarca de les Terres de l'Ebre que disposa de menor participació en aquest sector podríem suposar, fent una estimació molt a la baixa, que la contribució turística al PIB comarcal és del 4%, menys de la meitat del global ebrenç, és a dir, 60 milions €<sup>273</sup>. Si a més suposéssim una ocupació equitativa arreu de la comarca, l'oferta d'allotjament disponible a Flix a 2010 podria haver suposat al voltant de 3,8 milions € aquell any (és a dir, un 6,3% del PIB turístic). Malauradament no es disposa de les dades d'ocupació turística del municipi per a l'any 2010, però és fàcil arribar a la conclusió despresa de les entrevistes realitzades, que la realitat està prou lluny d'aquesta xifra<sup>274</sup>.

En una altra esfera de temes, la possible desaparició de l'electroquímica de Flix dels espais industrials que ocupa actualment al municipi planteja diferents interrogants a nivell de planejament urbanístic que poden afectar la hisenda pública. L'existència de contaminació en aquest recinte de més de 40 ha, com s'ha comentat en apartats anteriors, condiona els usos futurs que se li vulguin donar. Si es fa finalment la Declaració de sòls contaminats i l'empresa es fa càrrec de la seva neteja, un cop restaurats els terrenys estaran en disposició d'acollir qualsevol altre tipus d'activitat industrial i el municipi obtindrà probablement un guany en la forma de nous llocs de treball i moviment econòmic. Però si aquesta declaració no s'arriba a fer i els sòls mantenen el seu grau de contaminació, el més probable és que la majoria d'activitats

---

<sup>272</sup> S'ha de tenir en compte que un alt percentatge del PIB de la Ribera d'Ebre correspon al sector energètic que comprén les centras nuclears d'Ascó 1 i 2 i les centrals hidroelèctriques de Flix i Ribarroja. L'any 2008 aquesta contribució estava valorada en un 95%. Institut Ignasi Villalonga d'Economia i Empresa (2008). Debat d'infraestructures a Tortosa [10.06.2014]. Recuperat des de <http://www.mcrit.com/euram/documents/docsTEbre/>

<sup>273</sup> Aquesta aproximació està basada en l'Informe d'economia local i regional de les Terres de l'Ebre de l'any 2013 elaborat per la Universitat Rovira i Virgili, que situa en un 4% la contribució del turisme al PIB de la Ribera de l'Ebre. Els 60 milions € s'obtenen d'aplicar aquest percentatge als 1.500 milions € que suposà l'any 2010 el PIB comarcal.

<sup>274</sup> Aquesta dada no ha estat considerada per al càlcul dels passius ambientals de l'electroquímica.

econòmiques que podrien trobar interès en instal·lar-se al recinte industrial no ho facin per evitar problemes potencials en un futur. L'empresa aleshores té l'opció d'abandonar els terrenys sense traspasar-ne la propietat o decidir cedir-los o vendre'ls a l'administració<sup>275</sup>.

Mitjançant una declaració d'utilitat pública (o mitjançant una cessió obligatòria en règim cooperatiu a canvi d'alguna compensació com és més habitual) l'administració podria adquirir els terrenys per evitar que es convertissin en un espai marginal i residual del poble. Tanmateix, s'enfrontaria a disposar d'uns terrenys dels què no podria treure rendiment i que tampoc podria utilitzar per altres usos que requerissin una certa qualitat (agricultura, residència, equipaments, etc.). Per tant, es veuria abocada novament a la necessitat d'afrontar la seva descontaminació.

En cas que s'hagués pactat una cessió, si la compensació fos un altre emplaçament fora del municipi la població flixanca hauria d'assumir la pèrdua definitiva dels llocs de treball industrials. Si la parcel·la permutada en canvi fos dins el mateix municipi, la població podria arribar a mantenir una certa activitat industrial però es podria produir la paradoxa de l'enriquiment injust de la fàbrica, al no haver assumit el cost de la descontaminació del terreny i a més, haver adquirit una nova parcel·la, suposadament no contaminada, que podria explotar en benefici propi. En qualsevol cas, l'administració hauria d'assumir el cost de la neteja que podria afegir-se a altres costos derivats de l'operació com el cost de l'expropiació, per baix que fos, en cas que aquesta hagués estat l'opció triada o el cost de la urbanització del reparcel·lament del nou emplaçament industrial<sup>276</sup>.

Per tant, des del punt de vista de l'empresa la millor alternativa al problema (descartant la venda privada sense haver procedit a la descontaminació que no contemplo com alternativa) continua essent no descontaminar els sòls i deixar que l'administració els adquireixi, bé sigui a través d'una expropiació forçosa o mitjançant el sistema de cessió amb compensació. Però aquesta via comporta una nova transferència de costos a l'esfera pública, si el govern local no vol haver de fer front a la possibilitat de disposar d'un ampli espai dins el terme municipal del què no en podrà fer ús durant dècades, i que a més pot acabar protagonitzant nous episodis de contaminació ambiental de greus repercussions per la salut pública i el medi, en cas que algun imprevist modifiqués les condicions de confinament dels contaminants abans que el seu potencial tòxic no fos desactivat per l'efecte del temps.

<sup>275</sup> L'interès de l'empresa òbviament és que aquesta declaració no es produeixi, doncs en cas que així sigui, el valor del sòl es veuria automàticament afectat i l'empresa podria perdre diners amb l'operació. Sense la declaració el valor de la venda dels terrenys entre particulars respondria a la comparativa dels preus del mercat regional, però amb la declaració s'hauria d'aplicar una metodologia que avalués la renda potencial dels sòls, és a dir, el rendiment que donarien (beneficis) després de restar les despeses fixes comptant també els costos de la descontaminació (en euros per metre quadrat de l'emplaçament industrial). Des d'aquest punt de vista doncs, l'empresa no recuperaria mai la inversió feta en la neteja, més si considerem els costos calculats en apartats anteriors. Entrevista a C. Marmolejo [7.11.2014] (M. Pujadas).

<sup>276</sup> L'any 2008 s'aprovà el Pla parcial d'ampliació del polígon químic de Flix que afectava una finca adjacent al recinte industrial qualificada originalment com a sòl urbanitzable d'ús agrícola, i que uns anys abans l'Incasòl havia adquirit de la companyia (8,6 ha). El cost de les obres de reurbanització fou valorat en 1.228.370,06 €.

### Enriquiment per modernització ambiental

Com a aspecte complementari a la generació d'aquests impactes econòmics, Ercros ha promogut un fenomen d'enriquiment injust del grup com a conseqüència de l'omissió del canvi tecnològic al què les cel·les de mercuri estan subjectes des dels anys 1990s. El fet de no haver fet cas de les recomanacions europees (i més encara, el fet d'obviar en aquests moments la Directiva d'emissions industrials, que obliga a eliminar aquesta tecnologia abans de finals de l'any 2017) ha comportat que la fàbrica continués representant un focus de contaminació que, si bé complia els límits legals d'emissió de mercuri a les instal·lacions industrials, continuava alliberant el metall al medi i comportava un element dissuasiu per altres activitats econòmiques que poguessin optar a instal·lar-se al municipi. A més, aquest fet ha hipotecat també el futur dels mateixos treballadors de l'electroquímica que han hagut de veure com les instal·lacions anaven quedant obsoletes, garantint d'aquesta manera la pèrdua dels seus llocs de treball.

L'empresa ha optat des dels anys 1990s a una certa modernització ambiental mentre la normativa no l'ha obligat a prendre seriosament el canvi tecnològic. D'aquesta manera, amb una inversió mínima en millores en les instal·lacions preexistents, ha aconseguit contenir i reduir els abocaments de mercuri a l'Ebre fins estar dins els límits de la legislació vigent, sense haver-se d'enfrontar a una inversió major. Tanmateix, un càlcul senzill sobre el cost que hagués pogut suposar aquesta inversió i el seu temps d'amortització, respecte les despeses reals realitzades per la direcció, mostra que d'haver-se pres la decisió temps enrere la inversió estaria ja recuperada. A més, si aquest hagués estat el cas, alguns dels problemes de Flix probablement no s'haguessin produït (com el conflicte per l'imminent tancament de les instal·lacions) o s'haguessin pogut aturar molt abans (com la contaminació per mercuri).

Per fer-nos una idea de la dimensió econòmica que hagués suposat la inversió en cel·les de membrana podem utilitzar un informe realitzat per la UNEP (United Nations Environment Programme) l'any 2008 amb aquesta finalitat (UNEP, 2008)<sup>277</sup>. Segons la UNEP el cost estimat per reconvertir una instal·lació de producció electrolítica de clor basada en la tecnologia de mercuri a una instal·lació basada en les cel·les de membrana era, l'any 2008, d'aproximadament 500 € per tona de clor produït. Els costos d'explotació de la tecnologia de membrana són comparativament menors als del mercuri per diversos factors, entre ells el més important és el menor consum energètic (al voltant d'un 25% inferior), però també la menor demanda de personal per al seu manteniment (un 15% inferior en les plantes de membrana). Això significa que el temps d'amortització és relativament baix. Prenent les dades de l'estudi doncs, la conversió de la planta de Flix suposaria una inversió de 55 milions € i tindria les característiques que es mostren a la Taula 20<sup>278</sup>.

---

<sup>277</sup> L'estudi es basa en dades de plantes europees que han estudiat la possibilitat de fer la conversió i que han usat els criteris de comptabilització de la indústria.

<sup>278</sup> Segons dades de la pròpia empresa, substituir tota la capacitat actualment implantada a les instal·lacions de Flix, podria arribar als 60 milions €, dada que corroboraria el càlcul realitzat (veure resposta a la pregunta 1.2 de l'annex 5).

Capacitat instal·lada*	102.000 Tones de clor anuals
Temps necessari per a la reconversió	Entre 1,5 i 2,5 anys
Període de retorn per un preu de l'electricitat de 100\$/MWh <sup>279</sup>	9,6 anys
Inversió necessària (valors actualitzats a 2013 <sup>280</sup> )	55 milions € (539 €/tona)

\* Resolució de la Generalitat per a l'adaptació de l'activitat industrial a la Generalitat de Catalunya (2008)

Taula 20 Característiques del procés de reconversió a cel·les de membrana a Flix

En canvi, les millores ambientals realitzades a les instal·lacions entre els anys 1990 i 2013 suposaren poc més de 22 milions €, encara que no totes estigueren orientades a la reducció del contingut de mercuri en els efluent residuals<sup>281</sup>. És rellevant observar que a partir de l'any 2008 la direcció semblà decidir l'abandonament definitiu de les instal·lacions, amb un volum d'inversió nul per a les qüestions ambientals<sup>282</sup> (Taula 21).

Concepte	Període	Cost (€)*	Font
Desmercurialització d'efluents líquids, millores de la qualitat ambiental de l'aire, estació de puradora d'aigües residuals i altres	1990-1997	14.364.286	Erkimia (1997)
-	1998-2001	-	No hi ha dades
Millores a l'estació depuradora d'aigües residuals	2002	766.760	Informe anual d'Ercros (2002)
Inversions mediambientals vàries	2003	2.057.600	Informe anual d'Ercros (2003)
Millora en les prestacions ambientals de la fàbrica	2004	876.315	Informe anual d'Ercros (2004)
Instal·lació per segregar i barrejar les aigües residuals de la planta del clor abans del seu abocament a llera pública	2005	3.253.500	Informe anual d'Ercros (2005)
-	2006	-	No hi ha dades
Reposició del decantador de la sal**	2007	837.680	Informe anual d'Ercros (2007)
-	2008-2013	-	No hi ha dades
<b>Totals</b>	<b>1990-2013</b>	<b>22.156.141</b>	<b>-</b>

\* Preus actualitzats a 2013

\*\* Mesura que tot i ser qüestionable la seva vinculació amb la temàtica ambiental, figura en l'apartat de la memòria d'inversions en la matèria.

Taula 21 Inversions en millores ambientals a Flix (1990-2013)

La diferència entre ambdós costos suposa l'enriquiment generat pel grup a l'haver obviat les recomanacions europees a canvi d'un mínim esforç econòmic per complir la legislació bàsica, un total de 32,82 milions €. Aquest valor també vindria a formar part del passiu ambiental generat per l'electroquímica, des del punt de vista que ha suposat una distribució injusta de la riquesa i els impactes produïts, és a dir, mentre l'empresa disminuïa la càrrega de les seves

<sup>279</sup> Segons la Resolució per a l'adequació de l'activitat a la Llei d'Intervenció Integral de l'Administració Ambiental l'any 2008, Erkimia-Flix tenia un consum de 528.900 MWh. El preu de l'energia a l'estat espanyol l'any 2013 per aquesta categoria de consumidors era d'uns 70 €/MWh (95 \$/MWh), lleugerament superior al què tenia l'any 2008 (Informe PIMEC, 2013 sobre la Comparació de preus de l'energia elèctrica amb Europa).

<sup>280</sup> Veure nota al peu 243.

<sup>281</sup> El major volum d'inversions es realitzà entre 1990 i 1997 per adaptar les instal·lacions als requeriments administratius que més tard foren motiu de requeriment judicial. A 2013 la fàbrica realitzà la reserva de 3,66 milions €, descrita prèviament per a la neteja de sòls industrials, que no s'ha inclòs en aquest càlcul per no afectar directament a les emissions de mercuri a l'aigua i que a més, no suposa una inversió en millores tecnològiques sinó l'assumpció d'un pagament per responsabilitat ambiental.

<sup>282</sup> Si bé entre 1999 i 2005 la inversió en millores ambientals del grup Ercros suposava en terme mig un 1,5% dels resultats anuals d'explotació, a 2006 aquest percentatge havia baixat fins un 0,27%.

obligacions econòmiques en matèria ambiental, la població ha hagut d'assumir el dany addicional que això ha comportat. A més, cal recordar que tot i les millores ambientals, no sempre s'han complert els requisits legals, sinó que en més d'una ocasió des dels anys 1990s s'ha superat els valors líndar de concentració de mercuri abocat a l'Ebre i s'ha incrementat els nivells d'exposició per a la població.

### Passius ambientals de l'electroquímica de Flix

Si considerem doncs tots els costos detallats en els apartats anteriors actualitzats a preus de 2013 i en sumem els seus resultats, obtindrem un ordre de magnitud del valor del deute que l'electroquímica ha contret amb la població de Flix (o el territori en general) o des d'una altra perspectiva, les despeses no assumides pel grup Ercros i per tant, que no han format part dels balanços empresarials de la fàbrica (Taula 22).

Rang de valors calculats	Quantitat (milions €)		Reserva del grup	% respecte el total
	Mínim	Màxim	(milions €)	
Restauració de l'embassament	184,31	184,31	9,85*	5,34%
Neteja dels sòls industrials	102,41	202,41	3,66*	1,8 - 3,6%
Recuperació del meandre	7,94	7,94	-	-
Esforz públic per prevenir nous riscos	76,41	76,41	-	-
Danys a la salut	4,40	7,21	-	-
Pèrdua de riquesa (turisme i altres)	-	-	-	-
Enriquiment injust per no fer el canvi tecnològic	32,80	32,80	22,16	40,3%**
<b>Total</b>	<b>408,27</b>	<b>511,08</b>	<b>35,67</b>	<b>7,0 – 8,7 %</b>

\* Informe anual del grup de 2013

\*\* Percentatge respecte el cost global del canvi tecnològic, és a dir, 55 milions €

Taula 22 Sumatori de passius ambientals de l'electroquímica de Flix  
Elaboració pròpia

Com era d'esperar, entre les diferents categories contemplades els costos que més destaquen són els derivats de la restauració del medi. Tanmateix, no s'ha d'oblidar que en el cas de la salut s'ha utilitzat uns criteris conservadors a l'hora d'aplicar la metodologia de l'EAF. Per una banda, només s'han quantificat els costos efectius pel sistema públic d'una major atenció sanitària i la pèrdua de guanys de per vida associats a un accés més limitat al mercat de treball, i per altra, s'ha limitat el càlcul només a aquells paràmetres pels que s'ha pogut establir una relació causa-efecte suficientment contrastada. Tampoc s'ha considerat aspectes de valoració més subjectiva com el cost del dolor o el patiment directe dels afectats o l'angoixa respecte les possibles afectacions a les generacions futures, tot i que són paràmetres que l'Economia Ecològica no pot obviar. Tampoc s'ha inclòs en el càlcul el cost de totes les inversions que ha hagut de realitzar l'administració pública per reforçar les xarxes de vigilància i seguiment de la contaminació, ni la pèrdua de riquesa generada per algunes oportunitats econòmiques perdudes, tot i la seva vinculació. A més, s'ha de tenir en compte que els costos identificats només contemplen les conseqüències d'aquells impactes que afecten directament la població, però no s'ha considerat tampoc, per exemple, el valor de la pèrdua de biodiversitat patida per l'ecosistema ebrenc com a conseqüència de la contaminació del medi provocada en bona part per la fàbrica de Flix.

Per tenir una referència sobre la magnitud que suposen els passius ambientals identificats i que hem xifrat entre els 400 i els 500 milions €, podem utilitzar una dada proporcionada per la

mateixa empresa i que mostra la despesa en personal que ha assumit en els darrers anys<sup>283</sup>. En base a aquest càlcul podem fer la hipòtesi que el valor del passiu ambiental equival a les despeses directes de personal (actualitzades a preus del 2013) assumides per l'electroquímica entre els darrers 21 i 24 anys (1990/93-2013), o entre els darrers 16 i 21 anys (1994/97-2013) si es consideren també els ingressos indirectes generats a la població. D'aquests, l'empresa n'ha assumit o n'assumirà menys d'un 9%. La sentència de 2003 l'obliga a assumir només al voltant d'un 5,5% del cost del projecte de neteja de l'embassament, pagament que es farà efectiu en el moment que les obres estiguin finalitzades i una administració li reclami explícitament el deute. En el cas dels sòls industrials, la reserva de 3,66 milions € realitzats l'any 2014 significa menys d'un 4% del cost que podria suposar la descontaminació de les zones més afectades de l'emplaçament industrial. Per contra, l'empresa s'ha estalviat al voltant d'un 60% de la inversió que hagués procurat la contenció d'aquests impactes en els darrers anys (el canvi tecnològic) i ha comportat un nou impacte econòmic i social, al condemnar definitivament les instal·lacions al seu tancament.

---

<sup>283</sup> Dada recuperada dels balanços empresarials publicats pel mateix grup Ercros i que pot consultar-se detalladament a l'Annex 2. Beneficis dels rendiments del treball (1986-2013).





## Conclusions

### **Qui rehabilitarà l'ambient de Flix?**

La història ambiental de Flix doncs, és la història d'una empresa que fou capaç d'adaptar-se als diferents escenaris que dibuixà la conjuntura social i econòmica de l'Europa de la primera meitat de segle XX per treure'n el màxim profit, fins al punt de situar-se com una de les empreses químiques més importants de l'estat per al subministrament de productes de química bàsica. L'experiència i major tradició productiva germànica trobaren les condicions òptimes en aquest nucli de població allunyat de les capitals catalanes i proper als punts de generació de matèries primeres i energia elèctrica, i aconseguiren crear una comunitat pròpia regida per les normes i necessitats de la producció, transformant la mentalitat de la comunitat flixanca original. Tot i que aquest procés no estigué exempt de conflictes degut al xoc cultural, laboral i polític, produït per la polarització de la població en dues comunitats clarament diferenciades<sup>284</sup>, l'absorció progressiva per part de la fàbrica de la major part de processos socials del municipi (afers municipals, vida cultural, relacions socials, etc.), així com les fortes represàlies que el moviment obrer a nivell local (i en termes globals, en tot l'estat) patí al llarg del segle, condicionaren una dependència i un sentiment de deute i subordinació cap a l'activitat industrial que ha comportat que a finals del segle XX fos difícil per la població planificar un futur sense la fàbrica.

La matriu de productes fabricats a Flix s'anà diversificant des de la seva instal·lació al municipi. Però si bé fins als anys 1940s la seva afectació al medi estava prou continguda degut a la seva relativament baixa toxicitat i la capacitat d'aquell d'absorbir-los, durant la segona meitat de segle les substàncies residuals alliberades durant el procés productiu incrementaren significativament la seva quantitat i perillositat. El tancament de l'embassament per a la construcció de la nova central hidroelèctrica agreujaria la situació al permetre un increment exponencial dels volums de producció i procurar-ne la seva acumulació als peus de la presa; mentre que la introducció de la fabricació de compostos organoclorats (alliberant al medi diversitat de substàncies persistents i bioacumulatives) acabà de conformar la constitució de l'impacte ambiental de les instal·lacions.

---

<sup>284</sup> Recordem que la creació de la colònia industrial comportà la constitució de dos nuclis urbans molt diferenciats, especialment durant la primera meitat del segle XX: el nucli antic habitat per població local de caràcter principalment republicà i el Barri internacional, la colònia, constituït majoritàriament per personal d'origen germànic.

Entre els anys 1950s i 1970s la presència encara de la Hoechst a les instal·lacions permeté mantenir en certa mesura la tradició germànica arrelada durant dècades d'aprofitar al màxim els rendiments de la producció (minimitzant els corrents residuals) i implicar-se activament en els assumptes socials dels treballadors i el poble. Però l'increment de la importància del paper que anava prenent la Cros, una empresa catalana que havia estat des dels seus orígens vinculada a la comercialització dels productes fabricats a Flix, suposà un trencament definitiu amb la història productiva passada i el règim de direcció que fins aleshores havia regit. L'absorció definitiva de les instal·lacions per part de la química catalana suposà l'allunyament de la presa de decisions del context del municipi. La producció continuaria augmentant fins als anys 1990s, però la grandesa de la fàbrica que en altres èpoques s'havia conegut, començà a perdre's. El nombre de treballadors disminuiria sense parar des dels anys 1960s i el manteniment de les instal·lacions, començant per la colònia, patí un cert recés fins a pràcticament desaparèixer a les acaballes del segle XX. En paral·lel, una política de compra-venta d'actius financers per tot l'estat espanyol per reduir la despesa i concentrar l'activitat en productes d'alt rendiment, suposà l'abandonament de les instal·lacions riberenques que tot just esperen avui la decisió definitiva sobre el seu tancament. Per tant, la fàbrica que dugué l'esplendor al municipi als anys 1960s ja no existeix. La fàbrica que transformà la mentalitat de tot un poble i fou l'*agar* de tantes famílies d'ebrencs començà a abandonar lentament el municipi als anys 1970s, en el moment que la Hoechst desapareixia del poble. Tanmateix, una part de la població encara s'aferra a la imatge d'una fàbrica que fou símbol de progrés i benestar per tantes generacions de flixancos.

Com a resultat de l'activitat de l'electroquímica s'han acumulat a l'embassament de Flix 700 mil tones de fangs amb elevats continguts de mercuri i altres metalls pesants, compostos organoclorats i residus radioactius. Els organismes vius del tram baix de l'Ebre han patit els efectes d'aquesta contaminació, acumulant al seu organisme compostos tòxics persistents que han arribat a alterar les seves funcions vitals. Recentment s'ha pogut demostrar a més, que la concentració atmosfèrica de molts dels compostos fabricats a Flix, i fins alguns subproductes no intencionats, afecta en un radi de fins a 25 quilòmetres a l'entorn el municipi, comportant un risc sanitari per a la població, especialment els sectors més vulnerables, que ja han mostrat nivells de concentració biològica d'aquests compostos molt per damunt d'altres poblacions de referència. Per altra banda, el recinte industrial on han estat ubicades les instal·lacions fabrils al llarg del segle, així com altres parcel·les al seu voltant que han estat utilitzades per al funcionament de la fàbrica, estan també altament contaminades superant en alguns indrets varis ordres de magnitud els límits legalment permesos. No obstant això, mentre la contaminació de l'embassament, un fenomen que ha atret l'atenció dels mitjans de comunicació, polítics i científics d'arreu de l'estat, està en vies de resoldre's, la resta d'impactes generats al territori es mantenen en un segon pla amb l'argument de no generar un alarmisme innecessari.

A data d'avui, els passius ambientals acumulats per l'electroquímica que s'han pogut comptabilitzar es troben entre els 400 i els 500 milions €. Aquest import equival a les retribucions en concepte de personal emeses per la fàbrica en els darrers 21 a 24 anys. Tanmateix, les millores econòmiques que la regió ha experimentat al llarg del segle XX com a

conseqüència d'un major grau de desenvolupament provocat per l'existència de l'electroquímica, s'han pres tradicionalment com l'argument per justificar els seus costos ambientals, i exonerar així l'empresa respecte els danys causats. D'aquesta manera s'ha traspassat el pes econòmic de la rehabilitació del medi i la cura de la salut a l'esfera pública, sense que això hagi produït gaire consternació social.

Des de diferents sectors (tan públics com privats) s'ha realitzat un esforç important per contenir l'alarma social que podia provocar la comunicació de l'impacte ambiental de l'electroquímica. El focus d'atenció s'ha centrat en la descontaminació de la muntanya de fangs residuals de l'embassament, un projecte milionari finançat amb diners públics, que posa en vies de resolució el problema i que ha esdevingut un model de referència en aspectes vinculats a la participació de múltiples actors en la gestió d'un conflicte<sup>285</sup>. Però per contra, s'ha obviat l'abast real del cas. El problema ambiental de l'Ebre no desapareixerà completament un cop desapareguin els sediments de l'embassament. La necessitat d'estalviar costos farà impossible extreure completament els fangs contaminats que, tot i en menor mesura, seguiran desprenent partícules aigües avall fins al Delta durant molts anys. Diferents espècies de flora i fauna a l'entorn del riu continuaran acumulant nivells significatius dels contaminants mentre la seva renovació generacional no els elimini per complet i la combinació de la contaminació residual de Flix, amb la procedent d'altres fonts existents al tram baix de l'Ebre suposarà mantenir l'entrada d'uns contaminants que se seguiran acumulant encara en els organismes vius durant molts anys.

La població per la seva banda, tindrà valors elevats de concentració de contaminants com el mercuri o l'hexaclorobenzè durant varies generacions, degut principalment a la bioacumulació i la transferència materna durant l'embaràs i la lactància. Encara que s'hagi observat ja l'existència d'unes taxes de recuperació significatives per a determinades concentracions, la persistència que molts d'aquests compostos tenen a l'ambient farà costós i molt lent que es recuperin els nivells originals. Per altra banda, mentre els sòls del recinte industrial continuïn contaminats, el risc d'impacte al medi i la salut de la població continuarà ben viu i seran les futures generacions les que hagin de fer front finalment al problema. Mentrestant, l'assumpció per part de l'administració que les condicions de confinament dels contaminants al sòl garanteixen la seva innocuïtat, condicionarà els usos futurs d'un espai de més de 40 ha dins el municipi que pot esdevenir un fossar industrial a l'espera que la seva capacitat tòxica remeti per si sola amb els anys, suposant que el risc permanent de mobilització d'aquests contaminants no es materialitzi.

L'empresa no se sent gaire responsable d'aquests impactes, ni dels que ja s'han produït durant els anys d'operació de la fàbrica<sup>286</sup>. Sota l'argument de la manca de coneixements, la manca de legislació i el fet que la major part dels danys han estat causats per una empresa que a dia d'avui ja no existeix<sup>287</sup>, eludeix la consideració del Principi de Precaució que ha caracteritzat la

<sup>285</sup> Entrevista a N. Prat [14.12.2009] (M. Pujadas).

<sup>286</sup> Veure respostes a les preguntes 2.4 i 4.1 de l'annex 5.

<sup>287</sup> En aquesta ocasió s'utilitza el sentit literal de l'expressió. Ercros eludeix les responsabilitats assumint que els fets es produïren en època de la Cros i obviant que el grup es constituí l'any 1989 per fusió d'aquesta amb ERT.

fàbrica al llarg del segle, la responsabilitat objectiva sobre els fets que ha d'assumir per ser hereva de l'activitat d'EQF, de Hoechst, de Cros i de moltes altres, i a més, prova d'eludir la responsabilitat subjectiva provada per l'incompliment legislatiu que l'ha conduït fins a una sentència per delictes ecològics<sup>288</sup>. Això, junt a la manca de voluntat i efectivitat respectivament, de l'administració i els òrgans judicials, ha comportat que el grup Ercros s'hagi de fer càrrec, després de més d'un segle d'activitat i impacte ambiental, de menys d'un 9% dels costos comptabilitzats en aquesta recerca. Si ens fixem en l'embassament, l'obligació de l'empresa afecta només un 5,3% del seu cost de neteja (menys de 10 milions €), sempre i quan una administració li reclami explícitament el pagament del deute en finalitzar les obres<sup>289</sup>. En el cas dels sòls contaminats, els 3,66 milions € per a la descontaminació d'una parcel·la de menys de 2 ha fora del recinte industrial suposen menys d'un 4% del valor estimat per a la descontaminació de poc més de 8 ha dels terrenys avaluats, cost que l'empresa no sembla disposada a assumir, ni l'administració catalana abocada a reclamar-li.

Per altra banda, les despeses que ja s'han generat, vinculades a l'impacte de les emissions sobre la salut de la població (sense considerar les que encara estan pendents de materialitzar-se) aniran íntegrament a càrrec de la mateixa població (directament o a través de l'administració sanitària). Per tant, aquest escenari posa realment en dubte el fet que els beneficis socials i els guanys econòmics percebuts per la població de la Ribera com a conseqüència de l'activitat de la fàbrica al llarg del segle (especialment en els darrers anys), compensin els costos socials i ambientals que la regió ha experimentat i experimentarà encara durant molt temps, i que són l'altra cara de la moneda.

Les decisions preses per la direcció del grup en els darrers anys fan pensar que s'està esperant el moment oportú per acabar definitivament amb la història industrial de Flix. La davallada fins a un 10% de l'activitat productiva en els darrers anys ho fa pensar. Però mentre la descontaminació de l'embassament no estigui enllestida, anunciar el tancament de la fàbrica sembla una estratègia empresarial no massa recomanable de cara a garantir la bona imatge del grup. L'experiència de l'ERO de 2013 mostra que aturar l'activitat comporta inevitablement conflictes socials i revifa la memòria dels danys ambientals, doncs mentre l'empresa ha garantit els llocs de treball de la població, aquestes qüestions no s'han prioritzat.

Dos anys més tard, però, l'empresa continua sense aclarir si farà el canvi tecnològic o tancarà les portes de Flix. L'obligació per a l'adaptació a cel·les de membrana no es farà efectiva fins a finals de 2017. Considerant però, que es necessita un cert marge de temps per a l'execució del projecte comença a ser evident quina és la intenció real de l'empresa. Tanmateix, aquesta fa ús de la incertesa i de la tensió social generada per negociar amb l'administració catalana incentius econòmics que garanteixin poder mantenir la producció (i fins i tot finançar el canvi tecnològic)<sup>290</sup>. El grup argumenta que la pèrdua econòmica experimentada des de l'any 2008, i

---

<sup>288</sup> Recordem que el grup va recórrer la sentència fins a l'esgotament de la via judicial, i que a dia d'avui encara no ha abonat cap import per la descontaminació de l'embassament.

<sup>289</sup> Entrevista a Marc Mur [11/06/2014] (M. Pujadas).

<sup>290</sup> Segons declaracions del grup Ercros, la decisió sobre el tancament de la fàbrica i la migració a tecnologia de membrana dependrà de la valoració d'aspectes com l'evolució del preu de la sosa o el volum de vendes del clor, en el moment que aquests puguin ser analitzats amb suficient claredat.

que l'ha dut a aplicar un dràstic pla de reducció de la despesa, impedeix fer front a aquests reptes i a més, cobrir els costos de la reparació del medi a què està obligada legalment<sup>291</sup>. A 2014, el grup sembla que comença a recuperar els resultats positius d'abans de la crisi, però continua sense incorporar al balanç de resultats empresarials els passius ambientals acumulats.

La població flixanca mentrestant no s'ha mostrat massa procliu a reclamar responsabilitats a l'empresa davant aquest escenari de desequilibri ambiental. La intensa defensa que ha fet sobre la innocuïtat i benevolència de la fàbrica (tot i l'existència d'algunes veus locals que alertaven sobre els riscos de tractar amb massa indulgència la direcció de la fàbrica) ha estat un tret característic en la història de Flix. L'argument ambiental ha estat silenciats al llarg del segle i només s'ha deixat sentir amb força en el moment que s'ha percebut que el tancament definitiu de la fàbrica era molt proper.

No es pot atribuir òbviament la responsabilitat sobre els fets de Flix a la població. La llarga llista d'impactes ambientals i a la salut pública perpetrats per l'empresa són i han estat responsabilitat de la seva direcció, per incompliment legislatiu i poca atenció al principi de precaució. També dels organismes públics, que en determinats moments han permès comportaments irregulars o fins fora de la legalitat, i han mantingut una permissivitat davant l'actitud ambiental empresarial que ha afavorit que es produïssin. A més, aquestes han acabat assumint el cost de la descontaminació, i no han volgut aplicar el principi qui contamina, paga. Però en tot cas una certa responsabilitat també es pot atribuir a la població, en no haver estat capaç en certs moments de donar prou valor a les condicions ambientals del seu entorn, per tal de mantenir una situació econòmica i laboral a curt termini que els era relativament còmoda i favorable i no reclamar, sota aquesta visió, que assumís les responsabilitats qui realment les tenia. Poder destacar en el document algunes excepcions remarcables com s'ha fet, indica que la població hagués pogut triar un altre camí després de 1975.

El debat treball-salut ha estat molt decantat cap aquest últim factor i s'ha oblidat la premissa que cap home hauria d'haver de triar entre ambdós<sup>292</sup> (Barca, 2013). Aquest discurs ha estat present al llarg de tot el segle, fins i tot quan el constant degoteig de llocs de treball perduts evidenciava les intencions reals de l'empresa. La població per tant, s'ha fet seu el discurs del creixement econòmic i ha assumit que els impactes al medi i la salut generats per l'electroquímica eren el preu just que havien de pagar per un major benestar. En termes de comptabilitat macroeconòmica però, Flix és un exemple clar de com als augments del PIB (salari i guanys empresarials entre d'altres) no se'ls hi resta els danys ambientals mentre, paradoxalment, les despeses de la descontaminació del medi i de tenir una major cura de la salut malmesa, engreixen aquest indicador. Amb tot, la població no ha considerat suficientment que els passius ambientals acumulats al llarg del segle s'havien de pagar

---

(veure resposta a la pregunta 1.1 de l'annex 5).

<sup>291</sup> El pla de reducció de la despesa s'ha basat principalment en reduir el nombre de treballadors de la secció de química bàsica, que ha passat de ser pràcticament el 50% de la plantilla a menys d'un 10% en els darrers 25 anys, i concentrar l'activitat en poques plantes integrades i d'alt rendiment.

<sup>292</sup> «Requiring people to choose between jobs or the environment is inherently unfair. The solution to this dilemma lies in making workplaces safe for workers [...]» Bullard (2000).



igualment i que, en cas que no ho fes l'empresa, tard o d'hora ho hauria de fer el conjunt de la societat, en especial, la població de la Ribera.

### **Responsabilitats ambientals de l'electroquímica**

El debat sobre l'assumpció de responsabilitats en la contaminació històrica generada per les activitats industrials té dues posicions molt clares. Els que consideren simplement que és responsable aquell qui executa les accions que acaben generant el dany independentment de la voluntat que tingués de fer-ho i del coneixement existent sobre les conseqüències de les seves accions (responsabilitat objectiva o *strict liability* en anglès) i els que consideren que no es pot responsabilitzar una activitat quan el passiu s'ha creat sota unes condicions normatives que permetien les pràctiques ambientals que l'han provocat o quan el coneixement existent sobre les seves conseqüències no ha aparegut fins anys més tard, és a dir, que no s'ha contravingut cap norma legal, ni hi ha hagut prevaricació (elements de la responsabilitat subjectiva). Els impactes ambientals com a conseqüència de l'activitat industrial hi són igualment, però la responsabilitat sobre la reparació i rehabilitació del medi i sobre qui ha de vetllar per evitar que es produeixin nous danys en el futur (i per tant, l'assumpció dels costos que això comporti) és totalment diferent segons si ens situem en un escenari o en l'altre.

La publicació l'any 2007 de la Llei de Responsabilitat Ambiental (LRA), que ha transposat a l'ordenament espanyol la Directiva de 2004 sobre la matèria, considera que d'haver-se produït els fets amb posterioritat al 30 d'abril del mateix any el medi hauria de ser restaurat per evitar possibles danys futurs, independentment de la capacitat de demostrar legalment la responsabilitat subjectiva de l'operador de l'activitat. A més, estableix que els costos d'aquestes accions haurien de ser assumits per qui directament o indirecta, conscientment o inconscient, hagués provocat el dany<sup>293</sup>. Però quan es tracta de danys produïts abans d'aquesta data el marc jurídic és menys precís, i només quan es pot demostrar fefaentment la relació de causalitat entre el procés industrial i l'impacte, i es dona la condició de culpabilitat en funció del marc jurídic vigent, és possible reclamar responsabilitats legals a l'activitat productiva.

En el cas de Flix la LRA no aplica perquè molts dels impactes es produïren abans de la data esmentada. Per tant, des d'aquest punt de vista la responsabilitat legal, estrictament parlant, no pot ser exigida a l'empresa si no es demostra l'existència de delictes (tot i que no cal la intenció de dany, sinó simplement l'existència de negligència). Ara bé, la història dels fets ocorreguts durant el segle XX mostra una responsabilitat objectiva evident per part d'EQF que no ha estat assumida i que la justícia segurament no li reclamarà. La fàbrica ha mantingut al llarg del segle el costum preindustrial d'abandonar els residus al medi, sense tenir en compte l'increment del risc ambiental que els seus fluxos residuals generaven, ni la degradació de les condicions de l'entorn que n'ha dificultat progressivament, fins a impedir, la seva assimilació. Les adaptacions tecnològiques i de procés a mesura que les noves lleis ambientals anaven condicionant el funcionament de les instal·lacions industrials es realitzà tard i amb una efectivitat poc remarcable. Les condicions imposades per a la renovació de les autoritzacions

---

<sup>293</sup> Directiva 2004/35/CE del Parlament Europeu i del Consell (de 21 d'abril de 2004), sobre responsabilitat ambiental en relació amb la prevenció i reparació de danys ambientals, transposada a l'estat espanyol per la Llei 26/2007, de 23 d'octubre, de Responsabilitat Mediambiental.

ambientals des dels anys 1970s foren postergades fins que es produí la denúncia per delictes ecològic vint anys més tard, incrementant durant tot aquest temps una afectació al medi que la seva consideració hagués permès contenir<sup>294</sup>. Tanmateix, sobre l'empresa només pesa l'obligació legal d'assumir la responsabilitat econòmica d'un percentatge poc significatiu de la descontaminació de l'embassament, un 5,3%, perquè només ha estat possible demostrar objectivament que incomplí la normativa durant cinc anys dels més de noranta que portava de funcionament en el moment de la denúncia.

Però l'actitud de l'empresa no ha variat al llarg del segle, tot i que la consciència sobre els riscos de la química i el marc legal que els regulava, així com el context social i polític que la condicionaven, sí que ho han fet. Fins a mitjans del segle XX el coneixement sobre l'impacte ambiental de determinades pràctiques industrials era escàs i estava poc estès. El coneixement era un saber pràctic, après a base d'experimentar a les pròpies instal·lacions. A Flix, la tradició germànica inculcà una cultura de l'aprofitament i el reciclatge que estimulà, durant les primeres dècades del segle XX, el desenvolupament de multitud de processos per donar sortida a la gran quantitat de subproductes que es generaven a l'electròlisi. Es produïen igualment fluxos residuals que eren abocats al medi hídric i l'atmosfera. Les emanacions de clor enrarien l'ambient provocant molèsties als veïns, mentre els residus sòlids i els fangs residuals eren dipositats en algun racó de les instal·lacions on s'acumulaven amb els anys. Però fins als anys 1940s els volums de producció foren força reduïts, i la perillositat i toxicitat dels productes i subproductes fabricats foren poc significatives en comparació a les emissions i abocaments produïts en els darrers anys de funcionament de l'electroquímica.

Per altra banda, existia des de principis de segle XX una certa normativa que pretenia regular els processos industrials. Des que els sectors higienistes s'adonaren a finals del segle XIX que els processos d'industrialització comportaven nous problemes sanitaris, s'intentà aplicar algun tipus de regulació a les pràctiques industrials. Des de la Llei d'Aigües de 1879 fins el Reglament de Policia d'Aigües i les seves Lleres de 1958 (passant per la Instrucció General de Sanitat de 1904, les Instruccions tècnic-sanitàries de 1923 o el Reglament de sanitat municipal de 1925) els diferents textos legals arribaren a contemplar la possibilitat de suspensió d'una activitat per abocar al medi substàncies o propietats nocives a la salubritat o la vegetació<sup>295</sup>. Però el conflicte públic creat entre higienistes i industrials en base a una diferent consideració sobre

---

<sup>294</sup> A 2015, un nou informe filtrat a la premsa destacava el fasejament dels balanços de mercuri realitzats per l'empresa a les instal·lacions de Flix des de principis de segle XXI. Segons indicava, les xifres d'estocs de mercuri declarades a la Unió Europea eren inferiors a les reals, mantenint una doble comptabilitat que segons els responsables de l'empresa era deguda a diferències en els sistemes de mesura. El diario (2015). El grupo Ercros ha ocultado a las autoridades la cantidad real de mercurio que acumula en Tarragona. Recuperat des de <http://www.eldiario.es/sociedad/> [19.03.2015].

<sup>295</sup> En el moment que es constituí la Sociedad Electroquímica de Flix l'any 1897 es trobava operativa la Llei d'Aigües de 1879. La normativa ambiental explícita no existia. Les denúncies contra establiments industrials i l'aplicació de les noves tecnologies (gas, electricitat, ferrocarrils i tramvies) eren constants, però el govern no donava una resposta adequada al problema al·legant que en moltes ocasions les queixes eren provocades «per una sistemàtica oposició de certes persones i corporacions a donar impuls a la indústria i al treball, veritables eixos sobre els què ha de girar la reforma del futur» (Almuedo, 2001).

quines havien de ser les prioritats en els sectors industrials, impedí durant molts anys la seva efectivitat. La manca de definició del concepte de contaminació i la inexistència d'uns paràmetres limitadors dels abocaments o l'emissió de determinades substàncies a l'ambient (sense oblidar el pes que la industrialització ha tingut en el desenvolupament econòmic a nivell global) feu que la normativa no aconseguís tenir força legal i política suficient com per reclamar-ne el seu compliment<sup>296</sup>. En termes globals, els diferents intents de regulació de l'impacte de les activitats industrials al llarg del segle sempre han topat amb el temor de les administracions respecte l'amenaça que una aplicació massa estricta de les exigències de protecció del medi pogués posar en risc els beneficis econòmics esperats (Diego, 1996; Huertas, 1996; Almuedo, 2001; Casado, 2002).

A partir dels anys cinquanta i seixanta la situació canvià. El coneixement públic de les conseqüències negatives de la indústria productiva a nivell internacional quedà reflectit amb la publicació d'obres de referència de diferents autors com Karl William Kapp, Rachel Carson, Barry Commoner o Ernst Friedrich Schumacher<sup>297</sup>. Els moviments ecologistes i pacifistes dels anys 1960s als Estats Units i la crisi energètica dels 1970s, promogueren la sensibilització social sobre els aspectes vinculats a la contaminació industrial i el discurs de la prevenció anà prenent forma. Aquests fets assentaren les bases per a la introducció del Principi de Precaució en els debats polítics comunitaris dels anys 1970s<sup>298</sup>. A nivell estatal però, no serà fins l'any 1986 que s'incorporarà al règim administratiu de les activitats industrials aquest principi, amb l'entrada d'Espanya a la Comunitat Econòmica Europea. A partir d'aleshores textos normatius com la Directiva d'abocaments de 1976 o la Directiva d'emissions de mercuri de 1972, així com la resta de principis i criteris comunitaris, seran exigibles a les activitats en territori català<sup>299</sup>.

<sup>296</sup> L'any 1923 les Instruccions Tècnic-Sanitàries per als petits municipis prohibien explícitament l'abocament d'aigües residuals industrials sense depurar directament als cursos fluvials «per reduir els riscos de la contaminació del sòl i les aigües subterrànies», però mantenia l'exempció en cas que el cabal abocat fos com a mínim vint vegades inferior al què en època d'estiatge portaven els cursos fluvials. L'any 1925 el Reglament de Sanitat Municipal insistia en la prohibició d'aquest abocament sense depuració prèvia i introduïa el concepte que havia de pagar qui realment contaminava, tot i que es continuaven exceptuant els casos en què pogués aprofitar-se la capacitat d'autodepuració del riu. L'any 1958 s'aprovà el Reglament de Policia d'Aigües i les seves Lleres. Tots els abocaments quedaven sotmesos a autorització prèvia, però per a les aigües industrials es permetia «qualsevol grau d'impurificació, per estar utilitzades en la seva totalitat per usos o aprofitaments en els què no es precisa especial qualitat en les aigües, podent fins i tot autoritzar-se el no establiment de sistemes purificadors». Abans de la Llei d'Aigües de 1985, el darrer text legal significatiu per les activitats industrials i els seus abocaments fou el Reglament d'Activitats Molestes, Insalubres, Nocives i Perilloses de 1961. Amb l'objectiu posat en la protecció del medi, s'especificaven les condicions que havien de complir les aigües en el moment de l'abocament i s'establia una llista de substàncies contaminants i uns límits de qualitat. No obstant això, continuava eximint els establiments en què el volum d'aigua evacuada complís el factor vint de dilució (Casado, 2002; Almuedo, 2001).

<sup>297</sup> La primera edició traduïa al castellà de l'obra *Silent Spring* de Rachel Carson aparegué dos anys més tard de la seva publicació original, és a dir, l'any 1964. La traducció de les obres dels altres autors han estat fites assolides més recentment.

<sup>298</sup> Cimera d'Estocolm de 1972.

<sup>299</sup> Poc temps abans però, ja s'havia començat a reflectir en el sistema jurídic espanyol un cert viratge en la consideració del medi i la seva vinculació amb les activitats industrials. La modificació del codi penal de 1983 incorporà l'article 347 bis on es contemplava la protecció explícita del medi i la

La capacitat de producció de la fàbrica havia incrementat significativament respecte a principis de segle. Tot i que la direcció s'havia allunyat de les instal·lacions i els aspectes més socials de la relació entre la fàbrica i el municipi es començaren a perdre (de la mateixa manera que començaria la pèrdua de llocs de treball) l'automatització de les instal·lacions i la introducció de la fabricació de compostos com el fosfat bicàlcic comportaria un augment dels volums de producció. Si bé als anys 1960s s'havien multiplicat per vint respecte les primeres dècades del segle XX, als 1990s s'havien multiplicat per seixanta i a principis de segle XXI havien arribat a multiplicar-se per cent. La toxicitat i perillositat de les substàncies fabricades també incrementà, a l'introduir-se a la cartera de productes de Flix determinats compostos orgànics, especialment organoclorats, que anys més tard serien prohibits per convenis i tractats internacionals. EQF havia deixat de ser una empresa de capital alemany al ser adquirida als anys cinquanta per la catalana Cros, en fer-se amb bona part de les accions embargades pels aliats. El fet de passar d'estar dirigida per una empresa de tradició dins la fabricació química a una empresa menys productora que comercialitzadora, comportà que el neguit d'obtenir el màxim rendiment dels diferents fluxos residuals es dissipés fent que, en el moment que la Hoechst abandonà les instal·lacions de Flix als anys 1970s, aquesta tradició es perdés definitivament.

L'arribada de la democràcia i l'entrada d'Espanya a la Unió Europea no impediren que les pràctiques ambientals habituals al llarg del segle es mantinguessin. La construcció de la central nuclear d'Ascó a principis dels 1980s a pocs quilòmetres de la fàbrica, suposà un cert moviment de protesta a la comarca que per contra, continuaria sense parar atenció a les instal·lacions de Flix. Tot i que la normativa ja establí la necessitat d'obtenir autoritzacions d'abocaments, les condicions imposades per l'administració per a la seva renovació no es complien. Des de mitjans dels anys 1970s li serien reclamades a l'empresa mesures per reduir la càrrega contaminant dels seus abocaments que, tot i haver realitzat algun estudi per contenir-los, continuaven mostrant-se per damunt dels límits permesos. Als anys 1980s se li exigí la construcció de la planta de desmercurialització de les aigües i els fangs abocats a l'embassament. Aquesta no només no seria construïda fins deu anys més tard, sinó que a més, la seva inadequació i manca de manteniment comportaren que fins l'any 1992 encara estigués abocant a l'Ebre concentracions de mercuri el doble de les permeses. Per altra banda, la renovació de l'autorització d'abocaments de l'any 1988 quedà condicionada, entre d'altres, a la realització d'un estudi de condicionament del marge del riu proper a la fàbrica on es tenia constància de l'acumulació dels contaminants. L'any 1993 la Junta de Sanejament reclamava a l'empresa aquest estudi que no havia estat realitzat. L'any 2004 aquest estudi es convertia en el projecte de descontaminació de l'embassament de Flix realitzat no pas per l'empresa, sinó assumit per les pròpies administracions que durant aquests anys havien eludit reclamar-ne la seva realització. Per acabar d'agreuja la situació, la Cros havia afegit a mitjans dels anys 1970s la producció del fosfat bicàlcic a les instal·lacions. El material de partida d'aquest producte

---

possibilitat d'establir sancions penals per qui no en fes un ús racional. També l'any 1985, l'aparició de la Llei estatal d'Aigües (primer text legal amb connotacions pròpiament ecològiques) reforçà aquest escenari traduint la teoria de la protecció del medi a una pràctica més efectiva des del punt de vista administratiu.

importat contenia quantitats significatives de radionúclids que es dispersaren, junt a la resta de contaminants, a l'entorn de Flix, especialment els fangs acumulats al riu. L'activitat radioactiva d'aquests sediments impedí datar els abocaments de l'embassament, impossibilitant en conseqüència, evidenciar l'incompliment normatiu de la fàbrica al comparar els nivells de concentració de contaminants dels diferents estrats sedimentaris amb els límits d'abocament imposats a la fàbrica en les diferents èpoques.

L'empresa per tant, ha mostrat en les darreres dècades una actitud negligent des del punt de vista ambiental. No només no ha considerat l'aplicació del Principi de Precaució per minimitzar els impactes que podia estar produint, sinó que a més, ha mirat d'accentuar les incerteses respecte les conseqüències ambientals que la seva activitat podia estar produint. A més, ha eludit en més d'una ocasió el compliment de la normativa que l'obligava i ha adoptat una actitud poc activa, impeding que organismes aliens a ella poguessin efectuar un anàlisi detallat de la qualitat ambiental del medi i la salut de la població. Aquesta actitud es veu reflectida en la negativa a promoure la substitució de la tecnologia de mercuri per cel·les de membrana fins a l'esgotament del termini que ha donat la Unió Europea per fer el canvi (moment en què inevitablement s'haurà de procurar el tancament de les instal·lacions), i en els obstacles interposats per la direcció a l'elaboració dels estudis epidemiològics de principis dels anys 1990s, quan negaren l'accés als expedients de salut dels treballadors, impeding realitzar una diagnosi acurada de l'estat de salut de la població.

Aquesta actitud ha estat comuna al llarg del segle en nombrosos casos arreu del món<sup>300</sup>. La conservació de les pràctiques preindustrials per tal d'evitar la inversió en uns sistemes de prevenció o uns tractaments que es consideraven econòmicament ineficients, ha dut les empreses a mantenir-se al límit de la legalitat (traspasant-la en ocasions) mentre la pressió sancionadora de l'administració no s'ha fet efectiva. El factor de dilució dels cabals i la capacitat de les avingudes d'arrossegat els fangs dipositats a les lleres han estat considerades solucions acceptables als problemes de contaminació i d'acumulació dels contaminants. Però massa sovint s'ha ignorat la importància de les funcions i serveis dels ecosistemes naturals i la necessitat humana de la seva preservació, ni tampoc s'ha considerat el fet que la complexitat de la matriu dels riscos ambientals a què està exposada la societat moderna, reclama amb urgència reduir els factors d'exposició als contaminants industrials als què està sotmesa la població (Hamer, 1985; Brüggemeier, 1994; Burton, 2003).

---

<sup>300</sup> L'informe de l'Agència Ambiental Europea *Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation* de l'any 2013 mostra una gran varietat de casos en què l'excés de confiança en la benevolença i benignitat de les innovacions químiques i tecnològiques ha comportat greus episodis de contaminació ambiental: la intoxicació aguda per mercuri a la badia de Minimata al Japó, l'esterilització de multitud d'agricultors que han utilitzat pesticides com el dibromocloropropà per netejar els camps de les plagues, els efectes neurotòxics generalitats especialment entre la població com a conseqüència de l'ús del plom en les gasolines, o la disrupció endocrina produïda per una nova saga de substàncies anomenades contaminants emergents com el Bisfenol-A (European Environmental Agency, 2013).

### ***La participació de l'administració en la construcció del passiu ambiental***

Les pautes d'intervenció de les administracions públiques i els governs sobre els territoris han defensat històricament un model de desenvolupament que ha prioritzat el creixement econòmic a la preservació del medi i ha menystingut uns impactes sobre la salut humana que han estat considerats socialment assumibles. Aquest fet ha comportat que els efectes ambientals de fàbriques com EQF anessin més enllà del què s'hagués produït si s'hagués ponderat més equitativament els interessos dels diferents actors i s'haguessin valorat les conseqüències a més llarg termini de les decisions preses.

A l'estat espanyol, el paper que la indústria química ha jugat en el desenvolupament econòmic nacional ha estat en bona part responsable d'aquest fet. Aquest sector productiu fou considerat poc estratègic fins als anys 1930s. L'activitat prioritària era l'agricultura i de fet, les polítiques estatals estaven dirigides a desenvolupar estratègies econòmiques per fomentar l'increment de la productivitat als camps (mitjançant la utilització de fertilitzants químics i plaguicides que eren principalment importats). Després de la Guerra Civil, l'intent de modernització econòmica i la voluntat de sortir de la profunda depressió en què havia quedat el territori després del conflicte, es basà en considerar el sector industrial com l'activitat que havia de proporcionar un nou futur al país. El govern se centrà doncs en trobar mesures per incentivar el teixit productiu i per aquest motiu, tot i la consciència creixent de l'impacte de les activitats industrials expressada en la multitud de normes sectorials aparegudes durant la primera meitat del segle XX, els diferents intents de regular les activitats productives no tingueren, com hem comentat prèviament, un efecte real en aquest període (Tarragó, 2004; Diego, 1996; Casado, 2002).

Entre els anys 1960s i 1970s els diferents Plans de Desenvolupament Econòmic impulsats pel govern de la dictadura franquista consolidaren la situació. A la hidroelectricitat, les indústries mecàniques i la indústria química se'ls assignà un paper primordial per assolir les metes polítiques, socials i econòmiques que el govern s'havia marcat. Els sectors de la química inorgànica i l'electroquímica passaren a ser considerats estratègics, degut a l'impuls i estímul que proporcionaven a d'altres sectors productius nacionals. El coneixement i la conscienciació sobre la perillositat de la química havia crescut, però el context social internacional poc traspuava cap a l'interior del país<sup>301</sup>. El sector rebé un fort impuls per incrementar la seva competitivitat i de fet, entre 1963 i 1973 el seu creixement fou d'un 18,5% de mitjana anual, molt per damunt de l'índex industrial en el seu conjunt. La indústria química orgànica hi tindria un lloc preponderant. Estava en ple auge i presagiava grans beneficis econòmics per l'estat (Diego, 1996).

EQF fou considerada doncs, a partir d'aquesta època, una indústria estratègica que calia preservar i potenciar. L'electroquímica de Flix havia estat la primera planta instal·lada a l'estat espanyol que usava la tecnologia electrolítica per a la producció del clor i els seus derivats i a més, durant molts anys, havia estat l'única subministradora a nivell estatal d'aquests

<sup>301</sup> La química orgànica ha estat considerada un dels sectors industrials amb majors costos socials en els darrers cinquanta anys, degut a l'elevada toxicitat dels productes i subproductes que es fabriquen, alguns dels quals han estat àmpliament dispersats al medi (Porta *et al.*, 2009).



productes<sup>302</sup>. Aviat es constituí doncs, com la principal distribuïdora de productes de química bàsica per la indústria intermèdia, i el seu posicionament en els conflictes bèl·lics de la primera meitat de segle, clarament propera al bàndol feixista, li comportà una posició privilegiada de la què sabé treure'n partit per expandir la seva producció. Per altra banda, la seva vinculació al llarg del segle amb importants personatges empresaris i polítics espanyols i catalans (com Álvaro de Figueroa Torres, Josep Valls i Taberner, Francesc Ripoll i Fortuño o Josep Piqué i Camps) probablement li haurien permès gaudir d'un cert proteccionisme per part dels diferents governs estatals i autonòmics, que afavoririen aquest procés d'expansió a mitjans de segle i la protecció per les qüestions ambientals durant els darrers anys (tot i que aquest aspecte no ha estat suficientment estudiat en aquesta tesi)<sup>303</sup>.

Als anys 1960s EQF continuava essent la subministradora de més de la meitat de la demanda de clor de l'estat, però la gamma de productes orgànics s'havia diversificat tant que ja constituïa el major volum de ventes de la fàbrica assolint una gran influència en el mercat nacional. La fi de la dictadura a mitjans dels 1970s, i una política de concentració de l'activitat econòmica en nuclis de desenvolupament industrial, comportaren la creació del complex

<sup>302</sup> L'any 1921 es construïa a l'estat una altra planta electrolítica per a la producció de derivats del clor, la planta de Sabiñánigo a l'Aragó, propietat de Energía e Industrias Aragonesas SA. Aquesta planta funcionà amb tecnologia de diafragma fins l'any 1977 que fou substituïda per una planta de cel·les de mercuri. L'any 2005 fou integrada al grup Ercros i cinc anys més tard realitzà la migració completa a cel·les de membrana. Prèviament, l'any 1908 havia estat inaugurada a Torrelavega, Cantàbria, una planta per a la producció de sosa. Aquesta fàbrica, propietat de la química Solvay, es construï en base al mètode que porta el seu nom de descomposició química per a la producció de carbonat sòdic o sosa càustica. Actualment funciona amb tecnologia de mercuri i té pendent la decisió sobre si fer el canvi tecnològic.

<sup>303</sup> Álvaro de Figueroa Torres, el Comte de Romanones, juntament amb el seu pare, el Marqués de Villamejor (Ignacio de Figueroa y Mendieta) foren els precursors de la instal·lació de la fàbrica a Flix. Tot i que ambdós estigueren ben connectat amb els sectors de Madrid, el Comte que heredia part dels negocis del seu pare, i que a diferència d'ell utilitzava la seva activitat industrial per fer carrera política, tingué major influència en el govern estatal. De fet, es convertí en president del Consell de Ministres espanyol pel Partit Liberal en tres ocasions entre 1912 i 1919. Paradoxalment al llarg de la seva carrera política fou un aliadofil declarat. Considerava que Espanya podria sortir de l'aïllament que patia si s'aliava amb França i Gran Bretanya, aconseguint així tenir un paper rellevant en el control del Mediterrani occidental on es desenvolupava l'entramat industrial marroquí (i on la família també disposava de negocis miners). Vinculat al Partit Liberal del què arribaria a ser un dels seus màxims dirigents, durant la Primera Guerra Mundial intentà trencar relacions diplomàtiques amb Alemanya, cosa que li suposaria la fi de la seva segona presidència al Consell de Ministres. En la seva autobiografia no apareix ni una sola vegada cap referència a la fàbrica de Flix (Romanones, 1999). L'any 1951 Francesc Ripoll i Fortuño, polític independent proper a Francesc Cambó, passaria a dirigir la fàbrica. Ripoll hauria ajudat al General Franco en el cop d'estat que donà lloc a la Guerra Civil Espanyola. Més tard el succeïria Josep Valls i Taberner que presidiria la Cambra Oficial de Comerç, Indústria i Navegació de Barcelona entre els anys 1964 i 1967. També fou conseller del Banc Espanyol de Crèdit. En els darrers anys, un dels personatges més influents vinculats a l'electroquímica seria Josep Piqué i Camps que presidiria la divisió de química del grup (Erkimia) des de l'any 1988 i seria nomenat conseller delegat del grup Ercros al 1991, fins que en fou escollit president l'any següent. Ostentà el càrrec fins l'any 1996. Piqué havia estat Director General d'Indústria (per Convergència i Unió) entre 1986 i 1988 abans de vincular-se al grup i ocupà el càrrec de Ministre d'Indústria i Energia (pel Partit Popular) després de deixar-ne la presidència (1996-2000). Fou a més, portaveu del Govern entre 1998 i 2000. Actualment el president del grup Ercros és Antoni Zabalza que ocupa el càrrec des de la cessió de Piqué l'any 1996. Havia estat Secretari General de Planificació i Pressupostos entre els anys 1988 i 1991, sota la presidència socialista de Felipe González.

químic de Tarragona que acabà parcialment amb el seu protagonisme (Diego, 1996; Casado, 2002). No obstant això, es mantingué l'actitud permissiva i protectora del govern, especialment atribuïble a la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre, com demostren els fets descrits en l'apartat anterior. Aquesta actitud confiada de l'administració respecte la manca de severitat dels efectes nocius de la fàbrica, es visibilitzà també amb la manca de consideració suficient dels riscos que el projecte del minitransvasament de l'Ebre suposaven pel territori. Quan a finals dels anys 1980s Alfredo Bardají i Joan Moll alertaren amb veu ferma sobre les possibles conseqüències de l'omissió de la contaminació emesa per les instal·lacions de Flix, l'administració i el propi govern (Bardají hauria apel·lat directament al president de la Generalitat) no només obviaren els seus arguments, sinó que els costà la seva carrera professional. S'hagué d'esperar fins a la filtració a la premsa de l'informe del CSIC l'any 2004, que generà una considerable consternació social, perquè l'administració prengué finalment la decisió d'actuar.

Si bé per tant, és fàcil comprendre que l'actitud indolent de l'administració en el cas de Flix ha contribuït a l'acumulació dels passius ambientals descrits, no tots els estaments administratius han actuat de la mateixa manera, ni han tingut el mateix pes a l'hora de delimitar l'actuació de l'empresa. La governança ambiental del cas de Flix implica diversos actors a nivell català i estatal. En matèria d'aigües, la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre disposava de les competències per a l'atorgament de les autoritzacions d'abocament i sancionadores en cas d'incompliment<sup>304</sup>. L'Agència Catalana de l'Aigua (Junta d'Aigües i Junta de Sanejament en aquella època) només podia actuar sobre les immissions al medi hídic, i en cas de detectar concentracions de contaminants a l'Ebre per damunt dels límits legals, havia d'eleva a la CHE els expedients administratius corresponents perquè aquesta resolgués. Tot i que així ho feu en varies ocasions, la majoria d'aquests expedients foren sobresseïts. Des d'aquest punt de vista per tant, la responsabilitat de la CHE a l'hora de fer complir els condicionants normatius que ella mateixa imposava a través de les autoritzacions d'abocament és evident i probablement l'element de més relleu a l'hora de valorar la contribució de les diferents administracions públiques a la contaminació del medi hídic.

En relació als residus i sòls contaminats en canvi, les competències estan traspassades a les comunitats autònomes des dels anys 1990s. L'administració catalana, a través de l'Agència de

---

<sup>304</sup> Les competències en matèria de planificació hidrològica, control del domini públic hidràulic, control dels aprofitaments i atorgament d'autoritzacions i concessions, així com la inspecció i vigilància, a més de la gestió de les obres declarades d'interès general com la descontaminació de l'embassament, depenien del Ministeri de Medi Ambient, Medi Rural i Marí que les delegava en la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre. L'Agència Catalana de l'Aigua (Junta d'Aigües i Junta de Sanejament als anys 1990s) per la seva banda, disposava només d'algunes d'aquestes competències delegades de la Generalitat de Catalunya, quan es tractava exclusivament de conques internes al seu àmbit territorial. En relació a la conca de l'Ebre doncs, conca intercomunitària, pràcticament no disposava de competències, que es limitaven al seguiment i control de les immissions de contaminants als rius i a la funció informativa de possibles incompliments legislatius per part de les empreses que elevava, mitjançant procediments administratius amb propostes de sanció, a la CHE. És remarcable destacar en aquest sentit, que les inspeccions i controls de les aigües de l'Ebre als anys 1990s per part de la Junta foren el factor que desencadenà el procediment penal per delictes ecològic que acabà amb la sentència de 2003 contra el grup Ercos.

Residus de Catalunya, és responsable d'identificar els espais potencialment afectats per contaminació industrial, sotmetre'ls al procediment d'avaluació de l'impacte ambiental i descontaminar-los en cas necessari. Però l'actuació realitzada fins al moment per l'Agència és poc incisiva en la voluntat de retornar al territori una qualitat ambiental adequada per pensar en clau de futur. Després de gairebé deu anys d'haver iniciat la diagnosi de la qualitat dels sòls del recinte industrial, els estudis no estan encara enllestits. No obstant això, les condicions de confinament dels contaminants als subsòl (profunditat a la què es troben i grau de pavimentació de la superfície dels terrenys) són factors que l'administració ja posa en evidència per convèncer públicament de la pràctica inexistència de risc. Això sí, sempre i quan no es modifiquin aquestes condicions.

Aquest fet no només condiona les possibilitats futures de donar un nou ús als terrenys industrials, sinó que a més configura el manteniment d'un risc ambiental que no desapareixerà mentre existeixin els contaminants. En aquest sentit, el pes que la despesa econòmica podria significar per l'empresa si se l'obligués a la descontaminació és novament posat per davant del principi de precaució que demanaria una actuació immediata, considerant els valors de les concentracions de contaminants detectats que novament, com en el cas de la salut, és racionalment impossible que no comportin amb el temps cap tipus d'afectació. Mentrestant, la inversió realitzada per l'empresa en matèria de prevenció ambiental en els darrers anys, xifrada en uns 22 milions € que representa un 0,2% dels resultats d'explotació mitjans anuals<sup>305</sup>, s'està traduint en una transferència de costos ambientals a l'esfera pública que se situa pel cap baix entre els 400 i els 500 milions €.

Per tant, el cert és que el pes que l'actual Erkimia ha tingut a nivell nacional i regional al llarg del segle, ha fet que les diferents administracions donessin en molts moments de la història de Flix més pes a l'estímul econòmic de la fàbrica que a les seves condicions d'operació, incentivant que obviés la seva responsabilitat amb al medi i la salut de la població. Aquesta situació ha estimulat una laxa aplicació de les normatives ambientals i una reafirmació de la direcció envers unes pràctiques que ignoraven massa sovint els aspectes ambientals. Per tant, la responsabilitat objectiva de l'empresa respecte a la contaminació és evident, però la responsabilitat ètica de les administracions públiques per haver permès, i estar-ho fent encara, situacions que podien agreujar a la llarga l'escenari ambiental del medi de Flix, també ha de ser considerada. La complicitat que han demostrat envers l'empresa a l'hora de valorar els impactes ambientals que la seva activitat comportava ha suposat imposar a la població l'assumpció d'uns riscos sobre els què poc ha pogut opinar.

### ***La triple aliança***

La població per la seva banda, tot i ser conscients en gran mesura de l'afectació que s'estava produint, ha estat també poc incisiva a l'hora de reclamar millores ambientals a l'empresa. Les reivindicacions laborals després de 1939 van ser dràsticament inhibides. Tot i que no deixa de ser una hipòtesi, possiblement el sindicalisme d'abans de la Guerra Civil hagués estat més

---

<sup>305</sup> Amb una inversió mitjana d'1 milió € any (veure apartat *Enriquiment per modernització ambiental* del capítol VI) i un resultat d'explotació mitjà de 425 milions € (actualitzats a preus de 2013) entre 1990 i 2013 obtingut dels informes del grup.

sensible a les qüestions ambientals que el de després de 1975. Però el fet és que a partir d'aquesta data, les reclamacions obreres estigueren exemptes de motivacions ambientals.

Segons la visió socioconstructivista de la teoria social clàssica, l'aparició de resposta social davant de fets que afecten la salut de les persones en una comunitat (o n'alteren el medi) esdevé en funció de dos paràmetres: les condicions de vinculació amb el lloc (*attachment to the place*) i el capital social disponible a la comunitat. Quan un esdeveniment altera les condicions físiques del seu entorn natural i desplaça l'escenari on s'esdevenen la major part de les relacions personals de la comunitat, el sentit que aquesta dóna al seu medi es veu també alterat<sup>306</sup>. La comunitat entra aleshores en un procés de negociació per redefinir la seva pròpia identitat, durant el qual busca nous símbols i significats que la defineixin. La consideració del què eren els «llocs especials» per la comunitat canvia per adaptar-se a les *noves* connexions que aquesta crea amb *nous* espais físics que acullen els esdeveniments importants de la *nova* societat formada (Wakefield *et al.*, 2001).

Les comunitats acostumen a considerar com a «llocs especials» aquells que tenen un cert valor ambiental per la població que hi viu o aquells al voltant dels quals s'estableixen relacions familiars (perquè és espai de lleure, centre d'activitats socials o simplement perquè tenen un sentit religiós important per la comunitat). Les consideracions econòmiques vinculades a un espai en canvi, no prenen protagonisme davant les qüestions ambientals, mentre no estan vinculades a aquella segona derivada. Per contra, quan les relacions familiars s'estableixen entorn al mateix espai que és font de recursos econòmics per aquestes famílies, les consideracions ambientals queden relegades a un segon pla i poden fer perdre el protagonisme a espais que prèviament havien estat considerats cabdals per la comunitat. L'ús i la familiarització amb el nou espai genera un coneixement profund sobre les seves característiques i particularitats que li acaba conferint un valor més enllà del valor d'utilitat propi que pugui tenir. La consideració de lloc especial es trasllada del medi natural a aquest nou espai i es promou col·lectivament una transformació dels marcs de referència que prèviament existien. Els sistemes social, econòmic i ambiental que governaven el funcionament de la societat precedent, coevolucionen en paral·lel i es construeix socialment una nova percepció sobre el medi i els seus valors (Berger i Luckmann, 1967; Greider i Garkovich, 1994; Tuan, 1977; Relph, 1976 a Eisenhauer *et al.*, 2000).

Aquesta visió és aplicable des del meu punt de vista al cas de Flix. La vinculació de la població amb el seu entorn natural, especialment l'Ebre, anà alterant-se al llarg del segle fins al punt que deixà de ser un escenari de la quotidianitat de la població. Les funcions i serveis que el riu donava a la població anaren desapareixent o passaren a dependre de la fàbrica. La degradació de la qualitat de l'aigua anà fent-se cada cop més evident, a mesura que els propis treballadors eren sovint els encarregats d'abocar indiscriminadament els contaminants al riu, condicionant progressivament les activitats que podien desenvolupar-se al seu voltant. Paral·lelament, en

<sup>306</sup> Berger i Luckmann consideren que el significat donat per una comunitat al seu medi natural i ambiental és una construcció social que reflecteix els trets culturals de la comunitat (Berger i Luckmann, 1967).

canvi, l'electroquímica s'anà convertint en el motor econòmic del poble i la discussió i resolució de la major part dels afers locals es produïa als despatxos de direcció. EQF passà a representar el futur per al poble i per a les noves generacions de flixancos. La fàbrica garantia l'ocupació laboral i contribuïa significativament al desenvolupament local i la planificació urbana. El centre de la vida social es traslladà també a les instal·lacions i fins i tot l'establiment de les relacions més personals quedaren circumscrites als esdeveniments quotidians del dia a dia a la fàbrica. El distanciament de la població respecte l'ecosistema fluvial per tant, facilità que la fàbrica prengués el relleu del riu i n'acaparà el protagonisme, i tot i que tant la fàbrica com la població continuaven depenent del riu per a la seva existència, aquest vincle estratègic deixà de ser percebut per la comunitat. L'espai que proporcionava estabilitat econòmica i era el marc físic on s'esdevenien les relacions socials de la comunitat havia esdevingut la fàbrica.

Per altra banda, la percepció sobre els impactes ambientals que el funcionament de la fàbrica pogués estar causant al medi quedà eclipsada davant la banalització que es produí dels riscos laborals de l'activitat industrial. La seva mala consideració per part de la població fou substituïda pel sorgiment d'una àmplia base de coneixement social sobre la perillositat de la química. Els treballadors i les seves famílies prengueren consciència a base de vivències personals dels riscos que assumien per les males condicions operatives a l'interior de les instal·lacions i aprengueren a reconèixer els hàbits que els proporcionaven major seguretat. Assumiren per tant, que tot i les conseqüències negatives i danys per la salut que l'activitat industrial podia suposar, es podia aprendre a gestionar aquest risc per treure'n benefici amb un cost mínim. D'aquesta manera, tot i que es mantingué una elevada taxa de sinistralitat especialment degut a les explosions a l'interior de les instal·lacions fins a finals del segle XX, el dia a dia modificà el sistema apreciatiu dels riscos industrials, fent sorgir entre la població la paradoxa de la diferent consideració dels riscos laborals (entesos estrictament com a sinistralitat laboral) respecte els ambientals. La consciència, real i tangible, dels accidents que es produïen a l'interior de les instal·lacions prengué major importància que els possibles riscos per la salut de la inhalació d'uns gasos que no comportaven efectes immediats ni evidents, ni dels què es pogués establir una relació de causalitat estricta (Perrow, 1984; Hadfield i Seaton, 1999; Shrivastava, 1995). D'aquesta manera, la població es familiaritzà a mesura que avançava el segle amb la perillositat de la química, fet que afeblí la consideració de l'impacte ambiental fora del recinte industrials. Només allò que succeïa a l'interior de les instal·lacions, i era prou evident, era suficientment important. La mentalitat flixanca en el seu conjunt havia modificat el seu ordre de prioritats i la pèrdua de qualitat del seu entorn natural era poc important davant l'estabilitat que proporcionava la fàbrica, tot i de tant en tant s'havia de pagar un preu ben alt.

En altres indrets arreu d'Europa però, la consciència dels impactes de l'activitat industrial sobre la salut de la població, especialment els treballadors, ha motivat moviments de protesta quan les direccions industrials no n'han volgut reconèixer la seva existència. Segons Barca (2006), els treballadors de les mines i les fàbriques han estat els què històricament han sofert més els efectes de la industrialització i l'avenç del capitalisme, tributant amb la seva salut el què s'ha volgut concebre com una millora en el seu nivell de benestar. Els responsables industrials no han volgut reconèixer els impactes de la seva activitat sobre el medi, ni els riscos que

comportaven els processos industrials sobre la salut de les persones, perquè el control de la contaminació costa diners i fa la indústria, des del seu punt de vista, menys competitiva. En algunes ocasions però, les males condicions higiènicosanitàries prolongades que s'han viscut a l'interior de les instal·lacions com a conseqüència d'aquesta omisió, ha fet aparèixer sentiments de disconformitat que han estimulat les lluites sindicals. S'ha constituït aleshores el naixement d'un tipus d'ambientalisme obrer basat en un sentiment de subsistència individual i col·lectiva similar al que Matínez Alier descriu com l'ecologisme dels pobres. Aquests moviments de protesta han estat fonamentats en el que Barca (2006) ha denominat «bodily experienced knowledge» (coneixement experimentat en el propi cos), és a dir, un coneixement vital sobre l'impacte de les condicions d'operació, que ha generat un reconeixement explícit de l'afectació de l'activitat industrial a la salut, independentment del fet que existissin o no evidències científiques de la seva realció causal (Martínez-Alier, 2005; Obach, 2004; Barca, 2006; 2013).

A Flix aquest fenomen però, no s'ha produït. Tot i la força del moviment anarcosindicalista dels anys 1920s, que demostra l'elevat potencial del capital social del municipi de principis de segle, i del fet que les primeres vagues de la fàbrica mantenien com a part de les reclamacions aspectes derivats de les condicions higiènicosanitàries a les instal·lacions, aquesta no ha estat mai una reclamació explícita dels treballadors ni la població. Al llarg del segle, el neguit de no generar un alarmisme social innecessari i perjudicar l'empresa, amb les conseqüències que això podia comportar a nivell local, pesà més que els *suposats* efectes sobre la salut i el medi, i inhibí qualsevol tipus de reclamació contra l'empresa fins que l'amenaça del tancament de les instal·lacions no s'evidencià. Això no significa que la població hagi renunciat a conèixer els perills derivats de la seva activitat industrial, ni que no hagi reconegut que existien certs riscos ambientals, però la discreció dels efectes provats i la incertesa respecte els no provats, ha produït una negació conscient de la importància d'aquest impacte sota l'argument que «ningú millor que ells [els treballadors] coneixien la magnitud dels riscos reals que estaven assumint treballant a la fàbrica». D'aquesta manera, quan finalment als anys 1990s començaren a aparèixer els primers estudis de salut, la població no se sorprengué dels seus resultats, sinó més aviat semblà alleugerida pel fet de no poder provar amb un elevat grau de certesa els seus efectes. És cert que l'epidemiologia no ha pogut constatar suficientment l'existència d'un impacte real sobre la salut de la població, especialment els treballadors, per la manca de dades facilitades per l'empresa i la limitació de la mostra poblacional que impedeix des del punt de vista estadístic ser prou contundent. Però en canvi, s'han trobat indicis prou significatius com per fer declarar als científics que és impossible que no hagi existit aquest impacte<sup>307</sup>.

Per tant, al final, la confrontació entre continuïtat laboral i seguretat ambiental, sempre present en la història de la fàbrica, s'ha decantat clarament cap al primer, degut al record que la conflictivitat laboral era fortament reprimida i al convenciment que els riscos que s'estaven assumint eren poc importants, i perfectament compensats per un major nivell de benestar. La direcció hi ha contribuït significativament fomentant el discurs de contraris «salut o treball». Oposant ambdós conceptes ha aconseguit ofegar qualsevol intent de reclamació de millores en

---

<sup>307</sup> Entrevista a J. Sunyer [12.08.2012] (M. Pujadas).

les mesures de protecció ambiental que poguessin significar un augment dels costos de producció i una reducció del benefici empresarial. El discurs ambientalista ha estat vist com una amenaça al creixement econòmic. Per tant, l'objectiu final ha esdevingut fomentar la percepció que la protecció ambiental era antitètica a l'expansió econòmica i combatre qualsevol tipus de pretensió ambientalista, imbuït entre els treballadors el naixement d'un discurs que els alineés amb els interessos de la direcció (Hamer, 1985; Barca, 2006; Obach, 2004). D'aquesta manera s'ha aconseguit infondre la temença sobre el tancament de les instal·lacions i l'adveniment d'un nou període de recessió del municipi, així com un sentiment d'incertesa entre la població respecte el seu futur laboral, tot generant un imaginari col·lectiu de retorn a un sistema social de finals del segle XIX incapaç de suportar la població. Juntament amb la menysvaloració dels resultats epidemiològics doncs, la població ha acabat adoptant una actitud poc bel·ligerant cap a l'empresa, a qui no ha reclamat una participació més activa, equitativa i socialment més justa sobre les qüestions ambientals pendents de resoldre al municipi. Tot plegat ha situat la comunitat flixanca en la dualitat que ha quedat reflectida en l'expressió popular «mal que mal, que faigo fum!»

Finalment, el fet que la política local, especialment fins la fi de la dictadura, hagi estat molt orientada a satisfer les necessitats de l'empresa i a mantenir-hi unes bones relacions com a compensació als beneficis socials que proporcionava al territori, ha facilitat la relaxació de la gestió empresarial en relació als temes ambientals, i ha comportat unes pràctiques que han causat un important impacte ambiental. Tot i la consciència de la gent de Flix sobre aquests fets, l'amenaça de la pèrdua dels beneficis immediats que la fàbrica podia reportar ha infós entre la població un sentiment de conformitat i resignació, basat en la idea que era el preu mínim que s'havia de pagar per un major benestar (nivell d'ingressos). Les conseqüències dels impactes, la major part a llarg termini, han estat banalitzades i menystingudes per la població i els seus governants, enfront al benefici econòmic que a curt termini generava l'activitat industrial. No serà fins a l'aparició de l'expedient de regulació de l'ocupació plantejat per l'empresa a principis de 2013 que la població començarà a virar la seva forma de concebre la relació entre ells, l'empresa i el seu medi. S'ha hagut d'esperar que el tancament de la fàbrica i l'amenaça de la pèrdua completa dels llocs de treball es fes efectiu, perquè la població comencés a donar certa prioritat a les qüestions ambientals i el consistori adoptés una actitud més ferma enfront a l'empresa. Per alguns dels impactes però, serà ja massa tard.

### **Discussió final i línies de futur**

Joachin Radkau considera que «en el moment en què la història del medi ambient busqui aconseguir la solidesa a través de l'especialització, amenaça amb dividir-se». Segons l'autor, el destí de la investigació ambiental depèn fonamentalment de la capacitat interdisciplinària dels científics, tot i que això suposi de vegades ser titllat de poc rigorós:

«De hecho, a veces hay que soportar, cuando uno trata los problemas adecuadamente desde una perspectiva múltiple, que algunos especialistas lo consideren a uno como a un simple aficionado.[...] El historiador del medio ambiente no debería ceñirse sólo a una de las mencionadas especializaciones; tampoco debería pretender dominar las diez a la vez» (Radkau, 1993 a González-Molina i Martínez-Alier, 1993).



Des d'aquest punt de vista, la combinació de les disciplines principals d'aquesta tesi, la Història Ambiental i l'Economia Ecològica, així com l'Enginyeria Química, junt al complement indispensable que suposa haver entrat en els arguments esgrimits des d'altres camps d'estudi des dels què s'ha analitzat també el cas de Flix, es demostra com una eina molt eficient per valorar i ponderar, des d'una nova perspectiva, el progrés que la mala pràctica de l'activitat industrial ha aportat al territori. La Història Ambiental ens fa comprendre els mecanismes pels quals la relació home-medi en el context de Flix ha variat al llarg del segle, fent virar la consciència de la població que s'ha allunyat del seu entorn natural en favor d'uns beneficis materials a curt termini, que a més, han estat mal repartits entre la població. Ens fa entendre com hem pogut passar d'un escenari ambiental que, lluny de ser perfecte, aportava una sèrie de beneficis per al desenvolupament de la comunitat i el manteniment de la qualitat ecològica del seu entorn, a un escenari físic que es caracteritza fonamentalment per la gran quantitat de substàncies tòxiques que acull. Ens fa comprendre també, en un àmbit de la disciplina que manté una línia divisòria molt poc perceptible amb l'Economia Ecològica, com estan distribuïdes les responsabilitats sobre la generació d'aquest escenari entre el mapa d'actors del cas i com bona part d'aquestes responsabilitats ambientals han estat eludides per qui ha causat el dany. I finalment aquesta última, ens permet també transmetre mitjançant el llenguatge de valoració monetari, que és fàcilment interpretable en molts àmbits, la importància i les repercussions socials i ambientals que aquesta evasió de responsabilitats ha pogut tenir o tindrà encara sobre les properes generacions, i que comporten una distribució poc equitativa dels costos ambientals derivats de l'activitat.

Ponderar fins a quin punt el progrés social esdevingut a la Ribera d'Ebre com a conseqüència de la implantació de l'empresa al territori ha compensat els costos ambientals traspassats a la societat en el seu conjunt, objectiu plantejat a l'inici de la tesi, probablement continua essent un exercici marcat d'un alt grau de subjectivitat. No és possible fer un balanç exacte en termes monetaris de pèrdues i guanys perquè seria impossible posar a cada costat de la balança els elements que corresponen sense ometre aspectes probablement importants, però més encara, perquè els paràmetres que trobem a banda i banda no són commensurables i no hi ha desenvolupament matemàtic que pugui convertir-los tots a una mateixa unitat de mesura. Caldria per això, una avaluació multi-criterial. L'empresa ha comportat beneficis evidents a la població, que ha pogut viure durant molts anys sota unes condicions socials i econòmiques força favorables comparativament amb altres municipis de les rodalies. La seguretat laboral, la cobertura dels afers administratius locals, les facilitats per rebre atenció sanitària a la mateixa població o poder assolir un nivell formatiu que tot sovint només es trobava a les capitals, etc. són elements que justifiquen la contribució de l'electroquímica al territori. Tanmateix, l'anàlisi realitzat per aquesta tesi demostra que la història que s'ha volgut explicar ha deixat de banda aspectes menys amables del funcionament de l'electroquímica al llarg del segle, que no han volgut ser considerats o que s'ha procurat banalitzar i mantenir el més allunyats possible de la comprensió de la població. Com a resultat, els impactes ambientals que han afectat la població de Flix, directament sobre la seva salut o per mitjà de la degradació del seu medi natural, han superat els què s'haguessin produït amb una gestió empresarial que hagués considerat més seriosament la seva responsabilitat social i a més, s'ha traspassat la càrrega dels passius

ambientals que l'electroquímica ha acumulat al llarg del segle al conjunt de la societat, on la seva importància s'ha vist diluïda degut al major nombre d'individus entre els què s'ha de repartir<sup>308</sup>.

Òbviament, arribats a aquest punt, ha d'haver quedat clar que el treball de recerca realitzat no qüestiona l'activitat industrial en sí mateixa, sinó la forma com aquesta sovint és desenvolupada, posant per davant de qualsevol altre qüestió l'argument econòmic i els interessos privats, i el fet que els governs protegeixen aquestes formes d'actuar en nom d'un suposat bé comú, i eludint l'aplicació de principis fonamentals que haurien de ser la base de tota societat que es consideri moderna i desenvolupada. Tot i que el discurs no és nou, més aviat el contrari, comença a tenir ja una certa edat, la realitat continua essent la mateixa, i tot i que disposem ja d'eines i instruments com la Llei de Responsabilitats Ambientals que ens haurien de permetre reconduir la situació, la seva efectivitat és encara poc reeixida (ELD, 2009).

A l'iniciar aquesta tesi doctoral em proposava bastir les bases d'aquesta reflexió emprant un camí amb cinc sendes:

- 1) L'anàlisi del canvi ecològic del medi i la seva vinculació amb l'estratègia productiva de la direcció al llarg del segle;
- 2) L'anàlisi de la transformació de la mentalitat flixanca i la percepció sobre el medi a mesura que s'anava introduint en tots els aspectes de la vida social i econòmica de Flix;
- 3) L'anàlisi de la contribució de les administracions públiques i la capacitat de resposta del sistema legal davant l'acumulació d'impactes i de passius ambientals;
- 4) L'anàlisi dels costos ambientals causats per l'activitat productiva i la quantificació dels passius ambientals acumulats per l'empresa;
- 5) L'anàlisi de la distribució de les responsabilitats ambientals sobre els danys causats, comparativament amb la forma com els costos per a la seva restauració han estat repartits entre els diferents actors.

La complexitat de la recerca, degut al factor que esmentava a l'inici de l'apartat, la multidisciplinarietat que porta implícita, m'ha permès aprofundir en diferents graus en cadascuna d'elles. D'aquesta manera, els buits que encara s'hi poden percebre seran línies de treball a desenvolupar amb major detall en el futur.

En la primera d'elles, l'àmplia base d'informació disponible sobre l'estratègia productiva duta a terme al llarg del segle m'ha permès realitzar un mapa detallat de processos, substàncies contaminants abocades al medi i possibles impactes produïts a la salut de la població. No obstant això, la vinculació d'aquesta estratègia productiva amb el context socioeconòmic de l'Europa del segle XX és un aspecte que, tot i treballat, encara podria donar molt més joc. Les figures de personatges destacats vinculats a la història de la fàbrica com el Comte de Romanones, Francesc Ripoll i Fortuño o Josep Piqué i Camps (del qual s'ha parlat ben poc), i les seves vinculacions polítiques amb els governs de les diferents èpoques, podrien aportar major

---

<sup>308</sup> Si repartim el volum de passius ambientals entre la població catalana correspondria el pagament de 50 € a 70 € per persona.

claredat sobre la motivació de determinades decisions empresarials que tingueren implicacions ambientals. Especialment interessant per a la recerca és el cas de Ripoll, que condicionaria la política directiva de la fàbrica des de la finalització de la Guerra Civil Espanyola. En aquest sentit, una línia interessant de treball seria la què comparés la política ambiental aplicada a Flix per la Cros, empresa catalana, amb la Chemiske Griesheim i la Hoechst, empreses alemanyes, per determinar si realment l'absorció de l'electroquímica per aquella induí una acceleració dels fets ambientals com he apuntat en el text.

En el segon cas, com ja he ressaltat a la introducció, l'aspecte sobre el què he pogut aprofundir menys és el paper de les lluites sindicals en les qüestions ambientals al llarg del segle. Si bé del treball i les converses amb Sánchez Cervelló se n'extreu que pràcticament no han estat impregnades d'aquesta component, diversos treballs realitzats en els darrers anys en el camp de la Història Ambiental demostren que sovint aquestes vinculacions, encara que no siguin explícites, existeixen i és en aquest sentit, que probablement aquesta seria una de les línies de recerca interessants a desenvolupar també en el futur. Per la resta, la tímida introducció en el camp de la sociologia ambiental m'ha permès realitzar, des del meu punt de vista, un anàlisi suficientment profund i dels més interessants de la tesi, sobre els fenòmens que han motivat la transformació de la mentalitat flixanca i la manca de resposta de la població sobre fets evidents que perjudicaven la seva salut i la del seu medi.

L'anàlisi de la contribució del paper de les administracions públiques i la capacitat del sistema legal de reclamar les responsabilitats, també al meu entendre, és una de les línies més treballades i sobre la què he obtingut millors resultats, fent una contribució interessant a parer meu, al camp de la governança ambiental. Probablement es podria realitzar un anàlisi més detallat del compliment legislatiu de la primera meitat de segle, però la dispersió i poca concreció normativa destacada per autors com Casado (2002) apunta ja al fet que la desconexió entre requeriments legals i pràctiques empresarials serà evident. Tanmateix, aquest és un àmbit de treball interessant per continuar realitzant des de l'àmbit acadèmic del Dret ambiental, més que no pas dins les disciplines que emmarquen aquesta tesi.

En canvi, la línia de recerca que pretén posar ordres de magnitud al passiu ambiental generat per l'electroquímica, és probablement la què major treball comporti en un futur amb l'objectiu de completar-la. Si bé els elements més importants del dany ambiental causat per l'electroquímica han pogut ser mesurats fàcilment, mitjançant els projectes de restauració que seran o poden ser duts a terme, altres elements importants també com el dany a la salut o la pèrdua d'oportunitats de desenvolupament econòmic que ha comportat per a la regió, tenen encara molt de recorregut a fer. En el primer cas, l'aplicació de la metodologia de l'*Environmentally Attributable Fraction* es mostra com una eina interessant per a l'Economia Ecològica a l'hora de valorar mitjançant una tècnica viable, i que gaudeix de suficient reconeixement científic en diferents àmbits, els costos traspassats a la societat i no compensats per les activitats productives en termes de dany a la salut. No obstant això, la seva aplicació demana força coneixements del món epidemiològic i sanitari i per tant en aquest sentit, els resultats apuntats en aquesta tesi són tot just un primer esbós del què podria obtenir-se amb un estudi en major detall. Per altra banda, els costos d'oportunitat derivats de la pèrdua d'activitat econòmica finalment no han pogut ser quantificats, en aquest cas simplement per

un tema de limitacions temporals. Per tant, queden pendents per ser realitzats de forma immediata tot just tancada aquesta fase de la recerca.

Per últim, l'anàlisi de la distribució de responsabilitats comparativament amb com han hagut de ser finalment assumits els costos que se n'han derivat és també un objectiu que considero força assolit. Probablement, entrar en major detall en com hagués pogut variar aquest escenari davant una situació en què la Llei de Responsabilitats Ambientals fos ja aplicable podria tenir molt d'interès. També situar el mateix cas en el context jurídic d'altres països com Gran Bretanya, que desenvolupà una de les primeres reglamentacions en matèria de protecció de l'ambient atmosfèric (l'*Alkali Act* de 1863) o els Estats Units, que aprovà més recentment la *Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act* (1980, coneguda com a CERCLA) que aplica la *strict liability* en la regulació de les activitats industrials i la protecció del medi davant vessaments i abocaments de contaminants, podria ser interessant per comparar el tractament que es fa des de diferents marcs legals d'aquest tipus de casos. Tanmateix, aquest també és un anàlisi que fuig del tema principal de l'estudi i que en tot cas, pot derivar en línies de treball tangencials futures.

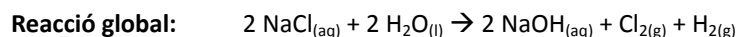
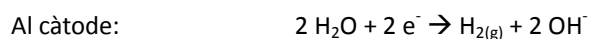
Ara bé, la línia encetada per aquesta tesi planteja un repte més interessant encara al meu entendre, que és el de reformular la història industrial catalana a partir de reescriure la narrativa sobre el progrés que la industrialització comportà en aquest territori. La motivació empresarial de la Catalunya contemporània aportà un creixement econòmic que la situà en una bona posició a nivell social en el context europeu, però el preu ambiental que s'ha hagut de pagar per aquests processos d'industrialització, en el seu conjunt, no és conegut, tot i l'existència de força informació al respecte. Per tant, reproduir les històries ambientals d'altres indústries químiques històriques del territori, analitzar la presa de decisions en les qüestions ambientals que hi tingueren lloc i l'acumulació de passius no compensats que hagin comportat, pot ser una bona manera de continuar amb la recerca. Això ens pot ajudar a comprendre també com aquesta tradició industrial catalana ha condicionat la gestió ambiental aplicada actualment per les nostres institucions governatives, valorar els costos socials que tot plegat ha comportat i contribuir amb més arguments encara a la necessitat que les societats actuals integrin la incertesa i la complexitat implícita en els fenòmens ambientals per al tractament de les qüestions socials.

## Descripció dels processos productius

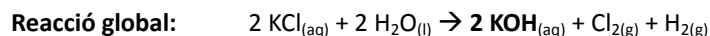
Des de la construcció de la primera planta electroquímica per a la producció de clor i sosa al municipi de Flix l'any 1900, la diversitat de productes i processos químics que han passat per les instal·lacions ha generat que multitud de productes i subproductes, desitjats o no, fossin dispersats pel medi contaminant l'ambient i el riu Ebre i afectant la salut de la població i la flora i la fauna de l'ecosistema riberenc. A mesura que avançava el segle, la complexitat i toxicitat de la matriu de productes anà incrementant. Mentre no existí una consciència ambiental i suficient coneixement sobre els efectes nocius que podien generar aquests productes, i mentre no existí legislació que els regulés, el seu alliberament al medi es feu de forma indiscriminada i sense mesures preventives per minimitzar el seu impacte. Un cop el coneixement i la legislació existiren fou l'actitud de l'empresa, en ocasions poc sensible als aspectes ambientals, la que comportà que es continués emetent aquests productes a l'ambient. Conèixer per tant, l'esquema productiu de la fàbrica al llarg del segle ens pot facilitar la comprensió de la magnitud de l'impacte que l'activitat de l'electroquímica pot haver generat a l'entorn de Flix al llarg d'un segle d'activitat. Els processos descrits en aquest apartat han estat ja presentats al llarg del text però presenten en aquest apartat un major nivell de detall i amb l'objectiu també, de mostrar com es realitzà l'aprofitament dels diferents fluxos residuals dels processos principals de producció al llarg del segle.

### La producció electrolítica

El funcionament de la tecnologia electrolítica, independentment del sistema aplicat, es basava en el principi de descomposició de la sal en els seus ions per mitjà de l'aplicació d'un corrent elèctric. L'ànode i el càtode atreïen els ions negatius (anions) i els ions positius (cations) respectivament, per produir les reaccions que donaven lloc a la formació de clor gas ( $\text{Cl}_2$ ), sosa càustica ( $\text{NaOH}$ ) i hidrogen gas ( $\text{H}_2$ ) com a subproducte (Fig. 28):



Si la matèria primera emprada era la sal potàssica (que procedia a principis de segle de la conca minera del Bages) es podien combinar ambdues electrolisis i generar sosa potàssica a la vegada que sosa càustica:



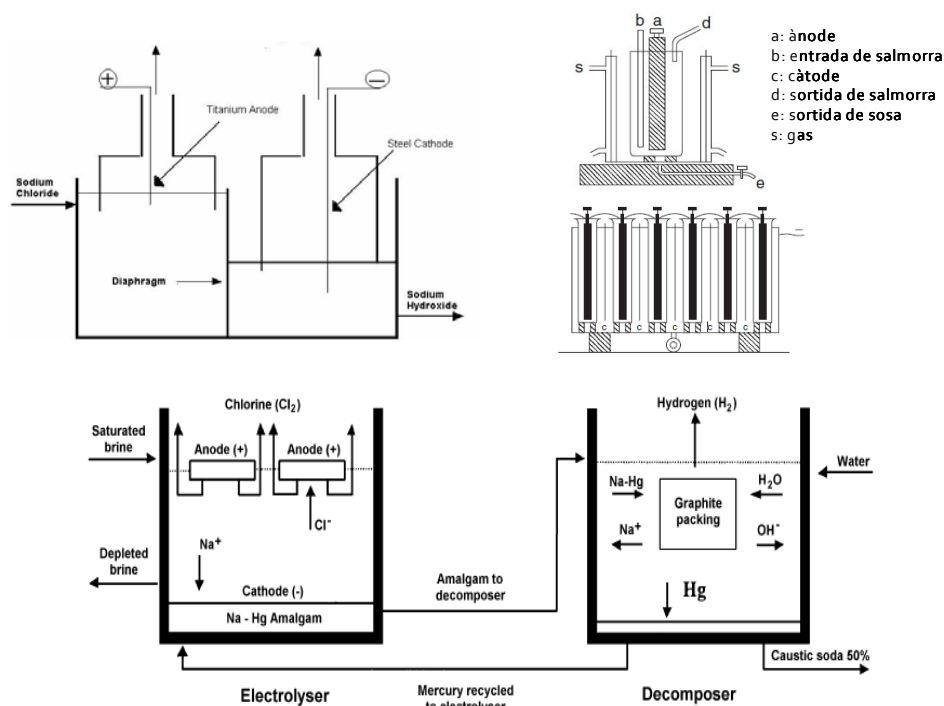


Fig. 28 Esquema de funcionament de les cel·les Griesheim i Castner-Kellner  
A dalt, cel·la de diafragma genèrica i secció transversal d'un banc Griesheim. A baix, esquema de funcionament d'una cel·la Castner-Kellner  
European Comission (2000)

La dissolució d'entrada o salmorra contenia moltes impureses que podien arribar a obstruir el diafragma o disminuir el rendiment de les cel·les. Per aquest motiu era sotmesa prèviament a un procés de depuració (decantació i filtració principalment) que aconseguia eliminar compostos no desitjats com els anions sulfat, els cations calci, magnesi, bari o alguns metalls, fent-los precipitar en forma de carbonats ( $\text{CaCO}_3$ ), hidròxids ( $\text{Mg(OH)}_2$ ;  $\text{Me(OH)}_n$ ) o sulfats ( $\text{CaSO}_4$ ;  $\text{BaSO}_4$ ), i assolint concentracions al voltant del 50% o 60%. Els fangs obtinguts, un cop filtrats, eren eliminats per deposició, mentre els líquids resultants es retornaven a procés.

El treball a les cel·les com a conseqüència de l'activitat de l'ànode de grafit també produïa uns fangs que podien contenir des de partícules de la descomposició del ciment (hidrocarburs clorats entre d'altres) fins a restes de líquids refrigerants i altres substàncies que s'anaven acumulant al fons de la cel·la produint més fangs residuals amb un elevat contingut en substàncies organoclorades<sup>309</sup>. Durant molts anys aquests fangs foren abocats directament al riu. Amb la instal·lació de les cel·les de mercuri a mitjans dels anys 1940s s'instal·là també un espessorador de fangs de formigó on eren agitats per evitar la decantació dels sòlids. Posteriorment es duïen a un tanc col·lector de fangs on eren acumulats per a la seva eliminació dipositant-los en qualsevol racó de les instal·lacions.

La cel·la de diafragma Griesheim que funcionà entre 1900 i 1926, consistia en una caixa de ferro construïda a làmines que representava el càtode. Cada unitat contenia sis caixes rectangulars de ciment d'un centímetre de gruix aproximadament que actuaven com a diafragma i contenien els ànodes fets generalment de magnetita. Dins la cel·la, la sal ( $\text{NaCl}$ ) es

<sup>309</sup> Arreu d'Europa aquest procés ha estat un dels principals causants d'una important contaminació dels sòls per dioxines i especialment furans.

descomponia en un 50% aproximadament en els seus ions sodi ( $\text{Na}^+$ ) i clorur ( $\text{Cl}^-$ ). Mitjançant el diafragma, el clor resultant de la reacció era separat de l'hidrogen i la sosa impedit la seva reacció que en condicions no controlades podia suposar risc d'explosió<sup>310</sup>.

Després de filtrar la solució resultant per eliminar els precipitats obtinguts en l'etapa de purificació prèvia mitjançant tècniques de sedimentació, filtració o una combinació d'ambdues, s'obtenia una solució composta aproximadament per un 11% de sosa i un 18% de sal<sup>311</sup>. La sosa en dissolució passava a uns evaporadors on es recuperava la sal no reaccionada en fase sòlida amb una puresa molt elevada i es mantenia la sosa càustica en dissolució concentrant-la fins un 50% per evaporació. En termes globals, al voltant d'una tercera part de la sal d'entrada era finalment convertida en sosa (Hale, 1938; European Commission, 2000).

La utilització de les cel·les Griesheim comportava el desgast del grafit per atac de l'oxigen alliberat juntament amb el clor a l'ànode. Amb la reacció es formava monòxid i diòxid de carboni disminuint el rendiment del diafragma fins a fer-lo no viable<sup>312</sup>. El clor obtingut, un cop purificat era líquid i emmagatzemat per a la seva venda exterior o consum a l'interior de la fàbrica. El clor residual que no podia aprofitar-se i que s'anava generant en les diferents etapes del procés era en part absorbit mitjançant lletada de calç, obtinguda en altres línies de producció de les instal·lacions. Bona part, s'escapa també en forma d'emissions a l'atmosfera.

Per altra banda, els fangs residuals de la cel·la electrolítica contenien quantitats significatives de HAP (hidrocarburs aromàtics policíclics), precursors de la formació de dioxines i furans quan entraven en contacte amb el clor de l'ambient (European Commission, 2000). L'acumulació d'aquests fangs en algun racó de les instal·lacions comportava la dispersió dels compostos tòxics al voltant de les instal·lacions, quan partícules del sòl eren arrossegades per efecte del vent.

Les cel·les Billiter-Siemens en canvi, que substituïren les Griesheim l'any 1926, incorporaren la problemàtica de l'ús de l'amiant a les instal·lacions. El diafragma de les cel·les, constituït per làmines horitzontals enlloc de verticals com era habitual, disposava d'un contingut d'amiant que podia arribar a ser del 75% (Stringer i Johnston, 2001). La superfície necessària per a la seva instal·lació era major però compensaven l'elevada estabilitat química i la major eficiència del procés (Allmand, 1912). Treballant a temperatures de 85-90°C s'obtenia una concentració de sosa entre el 12% i el 16%<sup>313</sup> (Allmand, 1913). El material actiu consistia en una barreja de llana d'asbests i barita (sulfat de bari) repartits uniformement a la part superior d'un full de teixits d'amiant que al seu torn es recolzaven sobre una xarxa de fils de ferro que constituïen el càtode. La funció de la capa d'asbests era únicament fixar la barita perquè no es desplaçés durant la producció de l'hidrogen. Amb el temps i l'ús, l'amiant contingut a les cel·les es

<sup>310</sup> El pas de corrent provocat per la migració dels ions d'un compartiment a l'altre elevava la temperatura de la solució electrolítica entre 80 i 90°C motiu pel qual s'havien d'utilitzar agents refrigerants durant el procés (Hale, 1938; European Commission, 2000).

<sup>311</sup> Segons Toca (2005) aquestes cel·les de producció discontinua (la sal havia de ser recarregada periòdicament) tenien límits de concentració de sosa al voltant d'un 8% per sobre del qual el procés es tornava inviable.

<sup>312</sup> El diafragma es tornava inoperatiu als 90 o 100 dies de la seva instal·lació, comportant trimestralment la seva substitució i generant un residu important.

<sup>313</sup> Si l'objectiu era la producció de potassa, aquesta podia arribar a assolir valors entre el 18% i el 20% amb un rendiment catòdic d'un 95% a 3,5V (Allmand, 1913).

desprenia i sortia barrejat amb els residus de procés. Aquestes cel·les estigueren operatives fins l'any 1961, quan aprofitant l'ampliació de la capacitat de fabricació de clor amb la construcció d'una nova nau per a la seva producció (l'electròlisi III), foren substituïdes per cel·les de mercuri. Aquesta tecnologia tanmateix, estava operativa a les instal·lacions des que l'any 1944 es construí l'electròlisi II. L'any 1975 finalment, es posaria en funcionament la darrera planta de mercuri, l'electròlisi IV, la única que a 2014 encara està operativa.

Per produir la sosa en les cel·les de mercuri o cel·les Castner-Kellner es feia circular el metall pesat per una cubeta d'acer rectangular inclinada formant una amalgama amb els ions sodi i/o potassi. Els ions clorur eren evacuats per la part superior després de ser oxidats en un ànode de titani recobert d'òxids metàl·lics. Un cop a temperatura ambient, aquest clor era assecat en torres regades amb àcid sulfúric i filtrat, comprimit i conduït per al seu consum a l'interior de la fàbrica. El sodi en canvi, es dipositava al càtode formant una amalgama que es feia passar a un descomponedor. En presència d'un catalitzador i addicionant aigua, l'amalgama es descomponia en hidrogen i sosa al 50%. L'hidrogen era refredat i evacuat per la part superior del descomponedor. En aquest estat s'emmagatzemava en un gasòmetre per a la seva utilització posterior. La sosa, un cop refredada i filtrada, es duia als tancs d'emmagatzematge a l'espera de la seva comercialització sense més tractaments. El mercuri es mantenia al fons de la cubeta des d'on era retirat per recircular-lo al procés. El mateix passava amb la solució de clorur sòdic resultant. Al seu pas per la cubeta la seva concentració disminuïa de 300 g/l a 260 g/l. Un cop eliminat el clor emulsionat mitjançant buit i aireació forçada es recuperava la concentració idònia per retornar-la a l'electròlisi.

De la instal·lació en sortien aigües de refrigeració i de procés que eren directament conduïdes al riu, junt a altres fluxos residuals de sortida d'altres plantes. S'hi afegia l'àcid sulfúric al 35% utilitzat en les torres d'assecat del clor a raó de 55 kg/h. Els gasos residuals, principalment el clor no recuperat, eren conduïts a una torre de destrucció de manera que, quan sortien finalment per la xemeneia de 15 metres d'alçada estaven suposadament lliures de qualsevol component nociu.

### Valorització dels subproductes de l'electròlisi

Part del clor obtingut a l'electròlisi s'utilitzava per a la generació de clorur de calç fent passar el gas per damunt d'una capa de calç hidratada que l'absorbia segons les reaccions<sup>314</sup>:



Si es regulaven els paràmetres de funcionament del procés electrolític era possible derivar fraccions de la reacció per a la fabricació d'altres productes com l'aigua de Javel (lleixiu) o el lleixiu de potassi:



S'obtenien quan el clor líquid produït a l'ànode de la cel·la electrolítica entrava en contacte amb els ions hidroxil generats al càtode per la descomposició de l'aigua i que havien

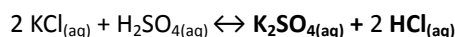
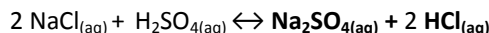
<sup>314</sup> El clorur de calç era una barreja d'hidròxid de calci, clorur de calci i hipoclorit de calci que s'usava com a desinfectant i blanquejant del paper i les teles.



aconseguit travessar el diafragma (Stringer i Johnston, 2001). Controlant la velocitat a la què la solució travessava el diafragma es podien regular i equilibrar les taxes de producció de sosa i lleixiu (European Commission, 2000; 2011). Si la reacció s'intensificava, el lleixiu es podia convertir en clorat i si enlloc de la sal càustica s'havia utilitzat sal potàssica també es podia obtenir un lleixiu de potassi o el clorat potàssic corresponent:



Amb la sal recuperada de l'electròlisi que no havia reaccionat es podia obtenir àcid clorhídric i sulfats de sodi i potassi que podien ser emprats com a reactius en altres parts del procés<sup>315</sup>:



La instal·lació de les primeres cel·les Castner-Kellner l'any 1944 provocà la generació de quantitats molt importants d'amalgama de sodi i mercuri com a residus del procés. L'EQF creà una patent per aprofitar aquesta amalgama sotmetent la mescla novament a electròlisi. Obtenia així sodi metàl·lic que era comercialitzat i un flux de mercuri que podia ser recirculat a la cel·la electrolítica<sup>316</sup>.

El nitrogen contingut a la salmorra d'entrada de procés podia també ser aprofitat per fabricar amoníac utilitzat per a la producció de derivats nitrogenats. Des de la primera diversificació productiva de la fàbrica l'any 1907 s'introduïren compostos com el clorur amònic, la sal de Pink (clorur d'amoní i estany) i altres derivats a la cartera de productes de Flix. L'objectiu era aprofitar els productes residuals i subproductes obtinguts durant el procés (Fig. 29). L'any 1923 en canvi, l'amoníac i el clorur amònic començaren a comercialitzar-se quan es posà en pràctica la seva aplicació directa com a fertilitzants inorgànics<sup>317</sup>. Fins aquell moment l'amoníac s'obtenia combinant l'hidrogen gas obtingut a l'electròlisi amb el nitrogen contingut a la salmorra, però la major demanda de nitrogen per a la comercialització del producte provocà la introducció del procés Haber-Bosch lleugerament modificat a partir del mètode Claude (d'altres pressions). Consistia en utilitzar un corrent d'aire com a font d'entrada del gas nitrogen i fixar-lo amb hidrogen procedent del procés d'electròlisi sobre un catalitzador de ferro enriquit<sup>318</sup>:

<sup>315</sup> Fins els anys 1960s l'àcid clorhídric s'obtenia com a subproducte en diferents processos. L'increment de la demanda d'aquest reactiu per a la producció orgànica especialment, comportà l'inici de la fabricació d'àcid clorhídric de síntesi. Fins entrats els anys 1990s es construïren quatre plantes que utilitzaven el mètode Le Carbon Lorraine fent reaccionar directament el clor gas amb hidrogen (1965, 1988, 1990 i 1991). Una part del producte obtingut era absorbida en aigua a una concentració del 30% aproximadament en una torre de grafit impermeabilitzat.

<sup>316</sup> Patent d'invenió núm. 183.493 (1948). Disposava les electròlisis en sèrie i utilitzava una solució d'electròlits mescla d'hidròxid, bromur i iodur de sodi que en determinades condicions de temperatura i en medi líquid causaven la fusió del mercuri precipitat sobre els càtodes impeding la seva reacció amb el sodi novament format. El sodi es recollia de la superfície de la cel·la on havia quedat en flotació degut a un pes específic suficientment baix i controlat per la temperatura de treball (entre 200 i 275°C). La planta de fusió seria recordada pels treballadors de la fàbrica anys més tard per les males condicions de treball a l'interior de les instal·lacions. Segons els testimonis de l'època, les cremades com a conseqüència de la sosa fosa eren força freqüents. Entrevista a A. Estivill (6.09.2012) i A. Rojas (9.06.2012) [M. Pujadas].

<sup>317</sup> Utilitzat per Griesheim des que al 1907 es feu amb els drets d'explotació (Aftalion, 2001).

<sup>318</sup> Les dades recollides per Muñoz (1994) només permeten quantificar un volum de producció d'amoníac, l'any 1945 de 1.000 tones.

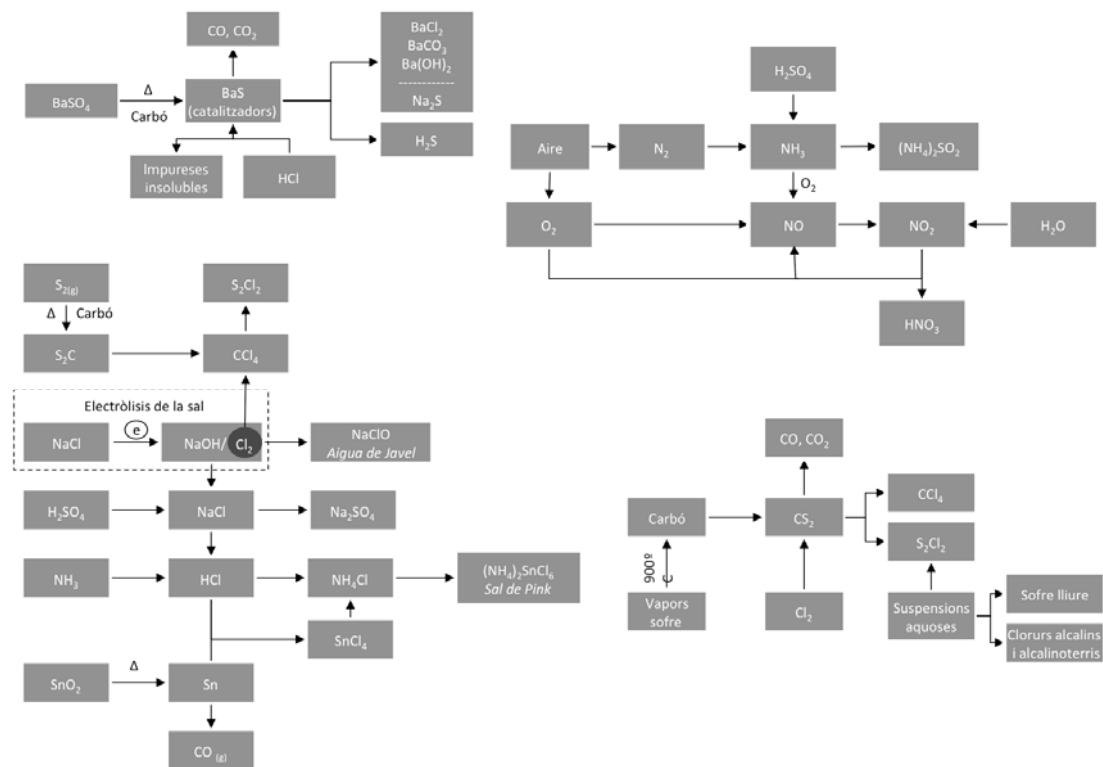
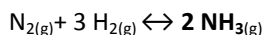
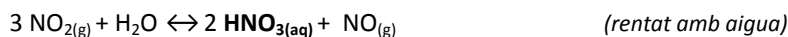
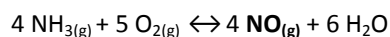


Fig. 29 Aprofitament dels fluxos residuals per a la fabricació de nous productes  
A dalt, derivats del bari a l'esquerre i derivats de l'amoniac a la dreta. A baix, derivats de l'estany a l'esquerre i tetraclorur de carboni a la dreta

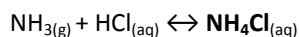
Elaboració pròpia a partir de Sharpe (1993); Odetti i Bottani (2006); Beyer i Walter (1987)



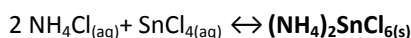
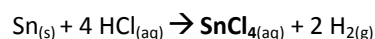
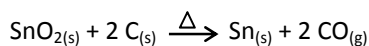
Altres compostos nitrogenats com els òxids de nitrogen o l'àcid nítric s'obtenien a partir d'aquest amoniac:



Per a la fabricació de clorur d'amoni només s'havia de mesclar l'amoniac resultant d'aquest procés amb un corrent líquid d'àcid clorhídric. El clorur amònic obtingut era concentrat posteriorment fent cristal·litzar el producte:



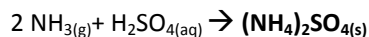
Per fabricar la sal de Pink en canvi (un clorur d'estany i amònic amb valor comercial) s'havia d'obtenir prèviament clorur d'estany hidratat:



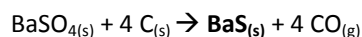
El diòxid d'estany es podia trobar fàcilment a la natura en forma de roca mineral. Si es calcinava

s'obtenia estany pur que combinat amb àcid clorhídric donava clorur d'estany hidratat<sup>319</sup>. Aquest, combinat amb el clorur d'amoni permetia la mescla d'ambdós compostos formant la sal de Pink. Durant el procés de calcinació de l'òxid d'estany s'emetien quantitats significatives de monòxid de carboni que s'alliberaven a l'atmosfera.

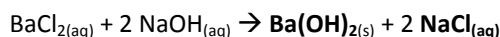
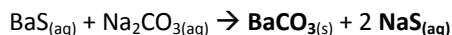
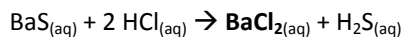
Si l'amoníac obtingut prèviament es barrejava amb àcid sulfúric es podia obtenir sulfat amònic també de valor comercial:



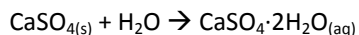
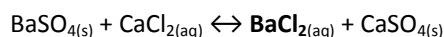
Per altra banda, el carbonat càlcic de la calcita cremada al forn de calç per a la producció de l'energia tèrmica que iniciava el procés d'electròlisi, s'extreia sovint acompanyat de baritina, un mineral de bari compost per més d'un 90% de sulfat de bari. Mostres d'aquest mineral polvoritzades i calcinades en forns a altes temperatures i en presència d'un catalitzador com el carbonat de sodi o el nitrat de ferro produïen una pasta composta principalment per sulfur de bari. La pasta resultant era lixiviada en aigua calenta i filtrada per separar el bari de les impureses insolubles com el sulfat de bari no transformat i altres compostos de silici, ferro, alumini i manganès presents a la roca inicial. El procés generava noves emissions d'òxids de carboni a l'ambient, especialment el monòxid:



El sulfur de bari així generat s'utilitzava per a la producció de clorur de bari amb múltiples usos al mercat<sup>320</sup>. La solució era sotmesa a l'acció de l'àcid clorhídric i evaporada per obtenir un clorur hidratat cristal·litzat que havia de ser assecat posteriorment. La presència de catalitzadors donava lloc a la formació de productes secundaris com l'hidròxid de bari, el carbonat de bari o altres compostos del sodi que eren aprofitats per fabricar el sulfur sòdic:



Si enlloc de calcinar la baritina se la feia reaccionar amb clorur de calci també podia obtenir-se clorur de bari junt al sulfat de calci que un cop hidratat produïa el guix:



Aquesta línia de producció fou iniciada l'any 1912 i s'explotaria fins als anys 1970s.

### La fabricació de tints, colorants i explosius

A principis dels anys 1920s començà la producció de colorants a les fàbriques de Flix. L'EQF desenvolupà entre 1917 i 1918 diverses patents d'innovació basades en la producció de tints a

<sup>319</sup> El clorur d'estany a més, degut a les seves propietats químiques corrosives, seria emprat durant la Gran Guerra com a arma química.

<sup>320</sup> Muñoz (1994) recull volums de producció del clorur de bari en dos períodes. L'any 1912 s'hauria produït 133 tones del compost mentre que l'any 1914 haurien ascendit a 270. Al 1930 el volum de producció hauria pujat a les 387 tones mentre que un any més tard ja en serien 563 i l'últim registre, de l'any 1935, seria de 622 tones.

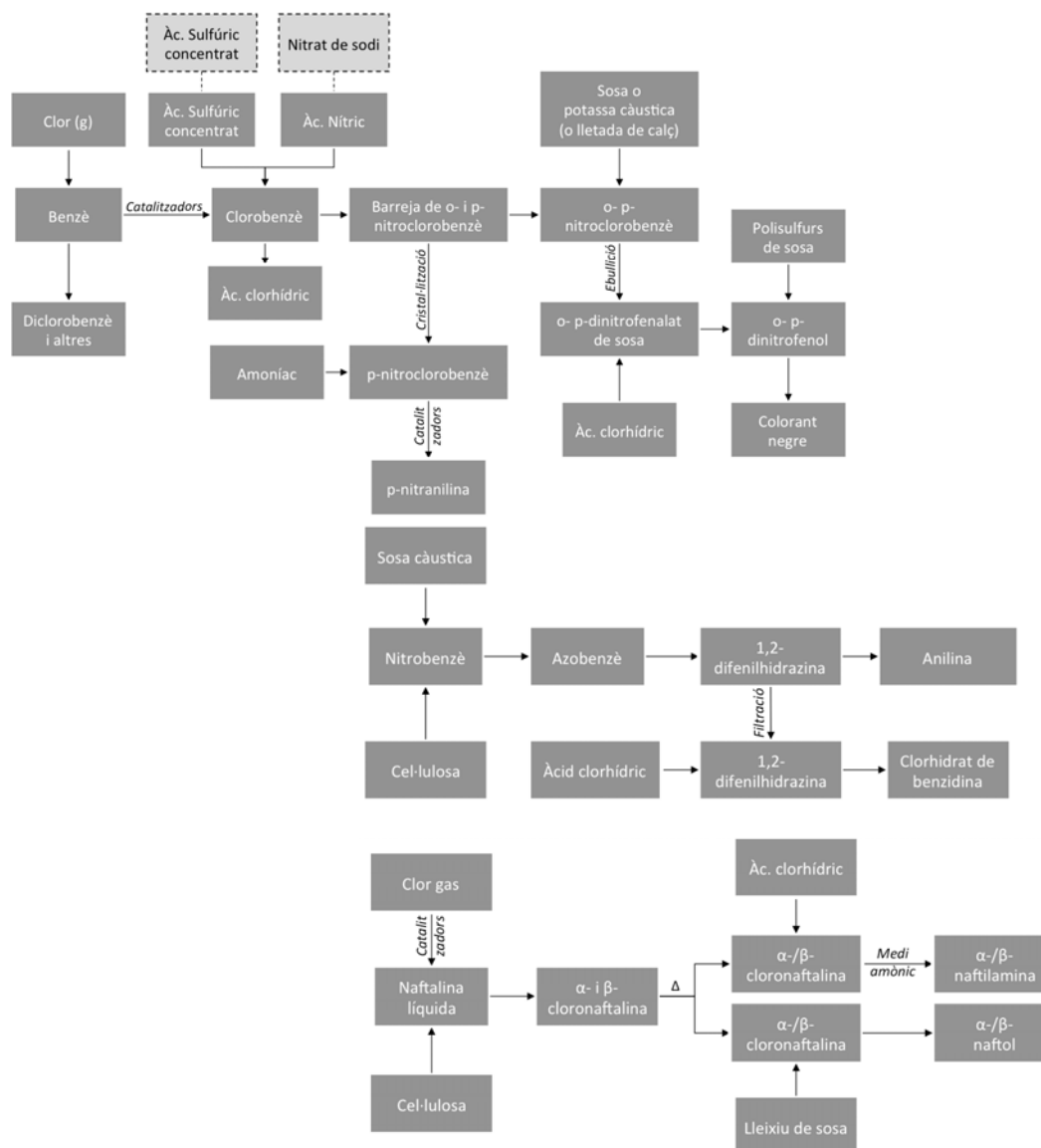
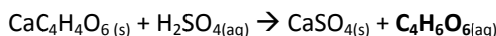
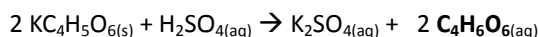
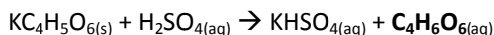


Fig. 30 Esquemes de producció dels tints i colorants  
 A dalt, obtenció de derivats del benzè. A baix, anilina, benzidina i derivats de la naftalina.  
 Elaboració pròpia a partir de Patent d'invençió (1917, 1918)

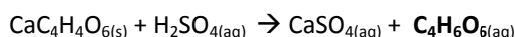
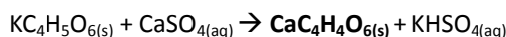
base de compostos orgànics com l'àcid tartàric, el benzè o l'anilina (Fig. 30). Però la manca de capacitats tècniques, en un moment en què la majoria de tècnics i especialistes havien marxat a conseqüència de la guerra i el seu origen germànic, faria que finalment fos la FNCE qui es beneficiés anys més tard d'aquests intents. No obstant això, aquestes línies de producció tingueren una presència important a les instal·lacions de Flix fins a l'esclat de la Guerra Civil Espanyola. La destrucció de les instal·lacions provocà que un cop passat el conflicte, les naus per a la seva producció no fossin reconstruïdes.

El bitartrat de potassi ( $KC_4H_5O_6$ ) i l'àcid tartàric ( $C_4H_6O_6$ ) es preparaven dissolent amb àcid sulfúric i aigua les mares del vi que contenien una mescla de petites quantitats de crema de tàrtar (bitartrat de potassi) i tartrat de calci<sup>321</sup>. Per filtració, decantació o altres processos similars s'eliminaven els residus insolubles obtenint una solució aquosa de sulfat o bisulfat de potassa i àcid tartàric lliure:

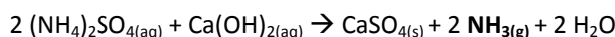
<sup>321</sup> El bitartrat i l'àcid tartàric foren usats en tintoreria com a mordents per fixar els colors en els teixits.



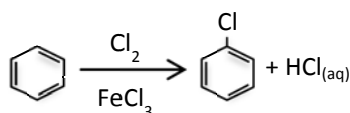
Segons si es volia obtenir el bitartrat o àcid tartàric de primera qualitat la solució resultant era sotmesa a processos diferents després de ser neutralitzada amb amoníac. En aquestes condicions precipitava el bitartrat de potassi. Si es volia produir àcid tartàric de primera qualitat, després de la neutralització se separaven el ferro, les gomes i altres impureses resultants del procés i es decolorava i tractava amb sulfat de calci que per doble descomposició produïa tartrat de calci pur i blanc que es feia reaccionar amb àcid sulfúric:



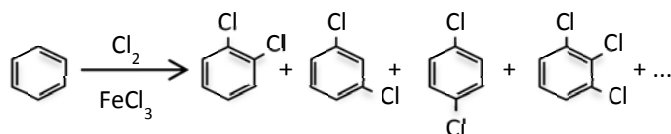
La neutralització produïa una solució de sulfat amònic i sulfat potàssic que serien reutilitzats en el procés. El primer era concentrat per evaporació fins a cristal·litzar (o tractat amb lletada de calç o hidròxid de calci) i destil·lat per regenerar l'amoníac que es reutilitzaria en el mateix procés<sup>322</sup>:



Els derivats clorats i nitrats del benzè en canvi, s'usaven com a productes intermedis a la indústria dels tints. Del benzè se n'obtenia clorobenzè i una petita part de diclorobenzè com a subproducte. El benzè era introduït en una solució aquosa en presència de catalitzadors, generalment òxids o clorurs de diferents elements com el iode, l'alumini, el ferro, l'antimoni o el molibdè. Per cloració s'obtenia el clorobenzè i una solució d'àcid clorhídric:



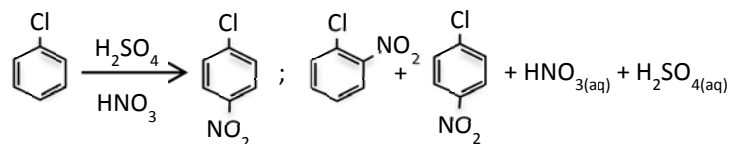
A mesura que la reacció avançava s'intensificava formant-se diclorobenzè i productes de més alta cloració<sup>323</sup>:



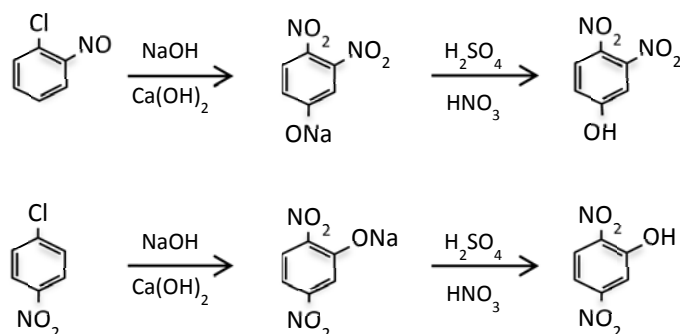
El clorobenzè era mesclat amb àcid sulfúric concentrat i àcid nítric en un agitador. El refredament de la mescla feia cristal·litzar p-nitroclorobenzè ( $\text{NO}_2\text{ClC}_6\text{H}_4$ ) que era separat per decantació o filtració, mentre una mescla dels isòmers o- i p- quedaven en dissolució en forma d'olis amb els àcids afegits inicialment:

<sup>322</sup> Patent d'invenió núm. 63969 (1917).

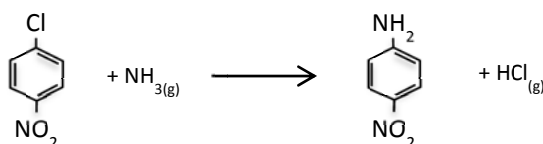
<sup>323</sup> Per reduir la formació d'aquests subproductes s'utilitzava clor gas que es limitava durant la primera operació fins a un 30%.



Els cristalls es netejaven completament fent-los passar per una dissolució alcalina que contrarestavava les possibles restes d'àcids que encara poguessin contenir. L'oli resultant es tornava a agitar en una mescla amb els mateixos àcids i es deixava refredar fins que precipitaven uns cristalls, barreja dels dos isòmers. Si s'afegia una quantitat adequada d'àlcals (fos sosa, potassa càustica o lletada de calç) i es portava a ebullició en medi agitat la barreja o,p-nitroclorobenzè reaccionava cap a o,p-dinitrofenolat de sodi ( $\text{NO}_2\text{ONaC}_6\text{H}_4$ ) que sotmetent-lo a medi àcid donava lloc a l'o,p-dinitrofenol ( $(\text{NO}_2)_2\text{C}_6\text{H}_3\text{OH}$ ):

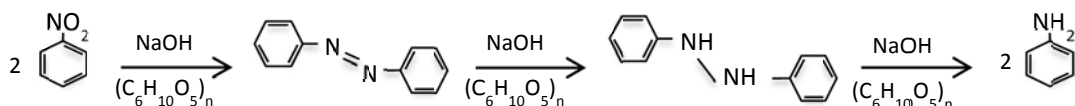


El p-nitroclorobenzè produït durant el procés podia ser utilitzat per fabricar p-nitroanilina ( $\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$ ) si s'escalfava a temperatures entre 140 i 220°C en un autoclau amb excés d'amoniac i amb l'ajuda de catalitzadors que afavorissin la reacció:

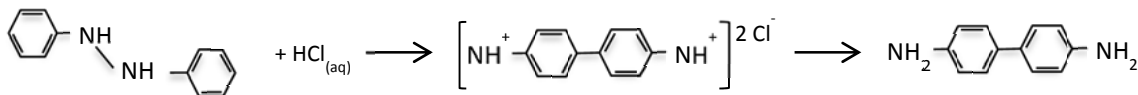


S'obtenien també unes sals amoniacals com a subproducte que eren parcialment recuperades per mitjà de l'aplicació d'un àlcali no volàtil i sotmetent-les a temperatures elevades. Sotmetent l'o,p-dinitrofenol o la seva sal a ebullició amb una solució aquosa de polisulfurs de sosa, s'obtenia per reacció exotèrmica un colorant negre que, un cop diluït i precipitat mitjançant la utilització d'àcids o per la simple oxidació amb aire, era també utilitzat per tintar teixits de cotó. La volatilitat de la majoria d'aquests compostos provocava el seu alliberament a l'ambient durant totes les fases del procés.

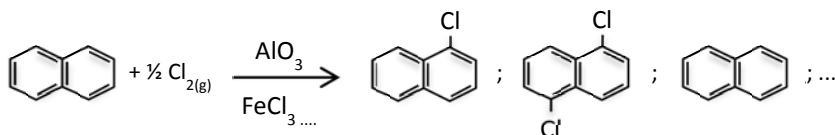
L'anilina en canvi era fabricada a partir del nitrobenzè. Durant el procés era possible la fabricació també de la benzidina generant diversos productes intermedis com l'azobenzè. El nitrobenzè ( $\text{NO}_2\text{C}_6\text{H}_5$ ) s'escalfava en presència de sosa càustica i cel·lulosa en medi aquós durant força temps i a temperatures de l'ordre de 105 a 170°C. Es formava en un primer moment azobenzè ( $\text{C}_{12}\text{H}_{10}\text{N}_2$ ) que amb el progrés de la reacció era reduït a 1,2-difenilhidrazina ( $\text{C}_{12}\text{H}_{10}(\text{NH})_2$ ) i finalment a anilina ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ):



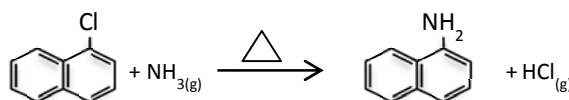
Si es volia obtenir benzidina ( $C_{12}H_8(NH_2)_2$ ), s'interrompia la reacció controlant la temperatura en el moment que s'hagués format la major part de l'1,2-difenilhidrazina. El producte diluït i filtrat es feia bullir amb àcid clorhídric diluït, i un cop novament filtrat, donava pas a l'obtenció de clorhidrat de benzidina i d'aquí la benzidina:



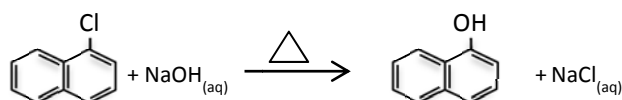
La naftalina per la seva banda, s'obtenia del quitrà de carbó. La seva reacció amb el clor donava lloc a l'obtenció de derivats com la cloronaftalina i altres derivats amino i hidroxilats (naftilamines i naftols). Quan la naftalina ( $C_{10}H_8$ ) s'havia dut a punt de fusió i es trobava en forma líquida es feia passar clor gas per la solució en presència de catalitzadors (clorurs i òxids de ferro, alumini, antimoni o iode, sofre i fòsfor). S'obtenia així una mescla d' $\alpha$ - i  $\beta$ -cloronaftalina i la naftalina no reaccionada, així com altres derivats clorats:



Per temperatura se separaven els isòmers alfa i beta. Escalfant-los per separat en autoclau a temperatures superiors als 200°C amb excés d'amoníac i en presència de catalitzadors es transformaven en les corresponents naftilamines ( $C_{10}H_7NH_2$ ) que se separaven del derivat clorat amb un simple tractament d'àcid clorhídric:



Si pel contrari els isòmers clorats eren escalfats en presència de lleixiu concentrat de sosa càustica a temperatures superiors als 300°C, s'obtenien els naftols corresponents:



### Fabricació de dissolvents, refrigerants i detergents industrials

L'any 1931 s'iniciava la producció de tricloroetilè (TRI) a les instal·lacions de Flix que obtenia percloroetilè com a subproducte no desitjat (Fig. 31). L'any 1955 s'obtingué l'autorització per a la comercialització d'aquest producte, a més de l'hexacloroetà també obtingut indirectament. L'any 1972 es construïa una planta específica per a la seva producció independentment del TRI. Seria la planta anomenada PER/TETRA perquè obtenia a més, tetraclorur de carboni. L'any 1990 es tancaria la planta del TRI per qüestions ambientals i a principis dels anys 2000s es tancaria la del PER/TETRA<sup>324</sup>.

<sup>324</sup> L'any 1960 s'obtenien anualment cinc mil tones de dissolvents organoclorats repartits de la següent manera: 4.233 Tones de TRI, 383 Tones de PER i 339 Tones de TETRA. L'any 1968 aquestes produccions havien augmentat fins a les vint-i-dues mil tones de dissolvents: 14.070 Tones de TRI,

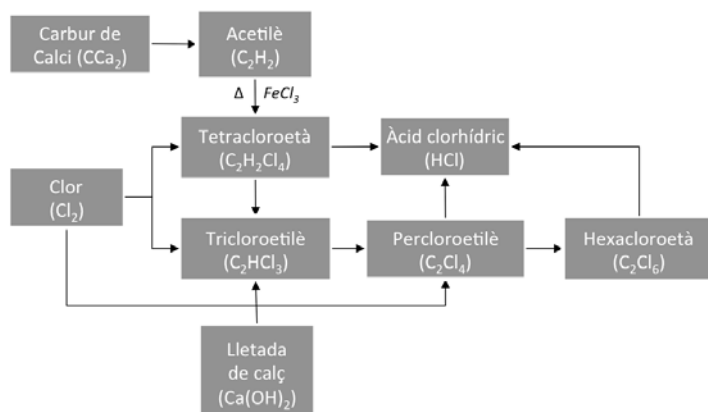
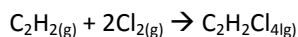


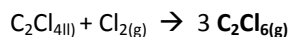
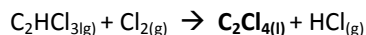
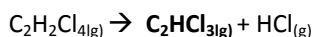
Fig. 31 Obtenció de percloroetilè a partir de tricloroetilè  
Elaboració pròpia a partir d'Electroquímica de Flix (1964)

El PER s'obtenia a partir del TRI mitjançant el procediment del carburi càlcic. Com a subproducte s'obtenia hexacloroetà<sup>325</sup>. L'acetilè, obtingut per hidratació del carburi càlcic, trencava el seu enllaç triple en presència d'un catalitzador de clorur fèrric ( $\text{FeCl}_3$ ) i a temperatures entre 70 i

$85^\circ\text{C}$ <sup>326</sup>. En aquest estat es clorava per generar l'1,1,2,2-tetracloroetà:



Per deshidrocloració del tetracloroetà en uns reactors denominats wackers s'obtenia el TRI en fase gas i en una segona cloració-deshidrocloració es formava PER líquid i l'hexacloroetà:



Fins l'any 1976 la deshidrocloració del tetracloroetà es produïa en medi alcalí per mitjà d'hidroxid càlcic que s'obtenia com a subproducte de l'acetilè. La pèrdua d'àcid clorhídric que suposava aquest procés però, i la voluntat d'ampliar la producció de dissolvents degut a les demandes creixents del mercat, dugué a l'obertura d'una nova planta en la que s'introduiria la deshidrocloració del tetracloroetà per via catalítica. La mescla obtinguda de la reacció de l'acetilè amb el carburi de calci se sotmetia a stripping per eliminar el clor, l'àcid clorhídric i la humitat abans de la seva rectificació. El tetracloroetà es conduïa a columna de rectificació dins la qual s'obtenia tetracloroetà gas per la part superior i una impuresa de pentacloroetilè ( $\text{C}_2\text{HCl}_5$ ) que havia de ser sotmès també a deshidrocloració (ambdues reaccions endotèrmiques). Per temperatura ( $250\text{-}300^\circ\text{C}$ ) s'absorbia l'àcid clorhídric al 30% sobre carbó activat que havia estat impregnat amb clorur de bari ( $\text{BaCl}_2$ ) per ser reutilitzat a les

3.370 Tones de PER i 4.473 Tones de TETRA. Això hauria suposat un gir de ventes de 100 milions de pessetes l'any 1954 a 950 milions el 1968. L'any 1972 la producció de TRI augmentà fins les 25.000 Tones/any, mentre que la de PER/TETRA, degut a la construcció de la nova planta, incrementà fins les 20.300 Tones/any a raó del 65%/35%. L'ampliació d'aquesta última planta l'any 1979 incrementà la fabricació de PER en 6.900 Tones/any i la de TETRA en 12.800 Tones/any que s'afegien a les obtingudes prèviament. Amb elles s'aconsegüí també un increment de la producció d'àcid clorhídric de 40.000 Tones/any més.

<sup>325</sup> Els tres productes són substàncies hidrofòbiques molt volàtils (compostos orgànics volàtils) d'àmplia difusió a l'ambient (Electroquímica de Flix, 1964). Fins als anys 1950s serien utilitzats com a desengreixants en vapor i per a la neteja en sec. Posteriorment s'utilitzarien també en la indústria dels metalls per a la seva neteja. També tenien algunes aplicacions per a les indústries tèxtil i alimentària (Stringer & Johnston, 2001).

<sup>326</sup> La reacció era molt endotèrmica per la qual cosa la demanda energètica era elevada (Schmittinger, 2000).



instal·lacions (Weissermel i Arpe, 2003). En aquest estat el PER era utilitzat per la producció d'hexacloroetà ( $C_2Cl_6$ ) després de trencar l'enllaç doble i sotmetre'l a un major grau de cloració.

Les aigües de sortida de procés contenien un 50% de calç en suspensió no transformada que era evacuada directament al riu. La fase líquida era composta per una quantitat equivalent de clorur càlcic dissolt. Les modificacions de l'any 1976 comportaren que el clorur càlcic es convertís en hidròxid de calci que contribuiria significativament a la basificació de les aigües del riu perquè encara aleshores, totes les aigües residuals de les diferents plantes eren abocades al riu sense tractament previ<sup>327</sup>. La justificació continuava essent l'elevat grau de dilució que els contaminants patien en entrar al riu degut al seu cabal.

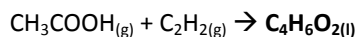
El mateix any 1976 la Cros presentà també a l'Ajuntament la memòria tècnica per a l'obtenció de l'autorització per cremar els residus organoclorats (amb un contingut proper al 70% en pes) a les mateixes instal·lacions. Tractaria a partir d'aleshores tots els sòlids i líquids procedents de les plantes de fabricació dels dissolvents per combustió amb excés d'aire i amb possible recuperació d'àcid clorhídric. Els gasos àcids resultants d'aquest procés se sotmetien a absorció amb aigua per evitar el seu alliberament a l'atmosfera. L'any 1996 la planta fou modificada per a la seva adaptació al Decret 323/1994, de 4 de novembre sobre límits d'emissions a l'atmosfera.

Tres línies més de fabricació de productes orgànics serien inaugurades a la segona meitat del segle XX com a conseqüència de la recuperació de les relacions amb l'empresa alemanya Hoechst l'any 1952: la fabricació de detergents, la fabricació d'adhesius i resines polimèriques i la fabricació de refrigerants. L'any 1960 s'inicià la fabricació d'*Alsuta*, nom comercial de determinats alcohols grassos i derivats sulfatats i oxietilenats (utilitzats com a substàncies detergents i emulsionants). Es reduïen greixos de cadena llarga (oli de coco o esperma de balena o catxalot) per hidrogenació amb gas procedent de les plantes electrolítiques. S'obtenia d'aquesta manera els alcohols grassos alifàtics de fórmula genèrica  $R-CH_2OH$ , en un procés catalític automatitzat en forns d'alta pressió i temperatura. Els productes resultants eren venuts directament o introduïts en columnes de rectificació-destil·lació que permetien l'obtenció d'alcohols de cadenes específiques (entre 8 i 18 àtoms de carboni). Els de 12 i 14 carbonis podien ser tractats amb òxid d'etilè per a la producció d'alcohols polioxietilenats d'aplicació com a tensioactius no iònics. Altres de menor graduació de carboni eren també oxietilenats per a l'obtenció d'altres tipus de tensioactius. Els mateixos alcohols grassos o fins els oxietilenats podien ser tractats amb àcid clorosulfònic per sulfatar-los donant els sulfats dels alcohols corresponents o de la resta de productes oxietilenats, utilitzats com a tensioactius aniònics. Durant el procés es generava àcid clorhídric residual que era recuperat.

Cinc anys més tard s'afegiria la fabricació de resines polimèriques per a la producció d'adhesius i pintures. L'acetat de vinil monòmer (AVM) seria comercialitzat per la S.A.Cros sota el nom de *Mowilith* des que l'any 1965 iniciaria la seva fabricació (Muñoz, 1994). L'acetilè ( $C_2H_2$ ) emprat per a la fabricació del TRI també s'usava com a matèria primera d'aquest procés. Es feia reaccionar amb àcid acètic ( $CH_3COOH$ ) vaporitzat en forn vertical mitjançant catalitzador per

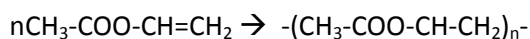
<sup>327</sup> Quan al 1990 s'aturà la producció, només el 80% era obtingut per via catalítica. Originalment s'abocaven 1.655 kg/h d'hidròxid càlcic i 258 kg/h de clorur de calç. La modificació del procés substituïria l'abocament de clorur càlcic pel de calç a raó de 2.016 kg/h.

produir el monòmer. Aquest es rectificava i purificava fins obtenir el grau desitjat:



Segons les condicions de mercat, l'àcid acètic era comprat o fabricat a les instal·lacions. En aquest últim cas s'emprava acetaldehid ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ) que per mitjà d'oxidació catalítica i deshidrogenació d'alcohol etílic ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ) donava l'AVM ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$ ).

L'acetaldehid se sotmetia a oxidació contínua a pressió atmosfèrica. L'operació es duia a terme en una sola unitat. En resultava una mescla d'àcid acètic i acetaldehid que se circulava cap a una torre d'oxidació on l'oxigen era diluït amb un 5% d'aire per alentir la reacció i evitar una sobreoxidació. La mescla llavors es feia passar per uns refrigeradors on s'afegia una solució d'acetat de manganès [ $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ] per evitar la sortida de la fase gas. La temperatura de reacció es podia deixar elevar fins als  $65^\circ\text{C}$  perquè la sobreoxidació i la creació de subproductes fos òptima. El gas de sortida de la torre d'oxidació contenia entre un 40% i un 50% de diòxid de carboni ( $\text{CO}_2$ ) que era alliberat a l'atmosfera, i parts d'àcid acètic i acetaldehid que eren recuperats i reincorporats al procés<sup>328</sup>. La mescla es destil·lava en tres columnes. En la primera, part de l'àcid acètic es retirava en forma de residu líquid que contenia parts d'acetat de manganès. El destil·lat entrava a la segona columna en unes proporcions: 70%-80% d'àcid acètic, 10%-20% d'acetaldehid, al voltant d'un 10% d'aigua i la resta metil, acetat i altres. Dins la segona columna, a l'alçada de 2 metres aproximadament, s'obtenia un àcid acètic tècnicament pur (99,6% al 99,8%) que era usat directament per esterificació i per a la producció de l'AVM. A la tercera columna s'hi introduïa el residu líquid resultant de la primera i la segona columnes i el destil·lat obtingut a la segona columna. L'elevat contingut d'àcid acètic es transformava en vapor per condensar-lo i concentrar-lo posteriorment per a la seva recuperació. Finalment, l'acetat de polivinil era obtingut per polimerització de l'AVM amb un increment de temperatura i en presència de catalitzadors segons la reacció (Hester i Himmler, 1959):



Part del polímer era comercialitzat directament en estat sòlid i una altra part era transformat en solucions aquoses també demandades al mercat. L'acetat de polivinil era emprat per a l'elaboració de gran quantitat de productes d'aplicació en els camps de les pegues, coles i pintures sintètiques, així com per a tractaments i acabats per a la indústria tèxtil.

Aquestes línies de producció serien abandonades en el moment que la S.A.Cros trencava relacions amb la Hoechst l'any 1974. Les empreses es repartiren els actius quedant-se l'empresa alemanya les accions corresponents a l'Alsuta i el Mowilith que s'enduria cap a Tarragona. Dos anys més tard, tanmateix, la Cros traspasà la producció de pintures, esmalts i vernissos que es realitzava a les fàbriques de Badalona a les instal·lacions de Flix, retornant així el procés productiu al recinte riberenc. Un canvi en els plans empresarials de Badalona, que es constituïria als anys 1970s com a CROMO SA, provocà aquest trasllat. Els objectius de producció se situaren en 1.720 Tones/any de pintures emulsionades a l'aigua i 1.120 Tones/any de pintures sintètiques.

<sup>328</sup> Patent que Hoechst havia desenvolupat als anys 1940s però que fins al 1952 no posà en pràctica en les seves plantes alemanyes.

Per a la fabricació de pintures emulsionades a l'aigua es partia de les resines polimèriques (acetat de polivinil o Mowilith), resines acríliques (tipus Primal), copolímers acril·vinílics (tipus Mowilith), etc. amb un contingut entre el 45% i 52%. Com que la viscositat que tenien en un primer moment no era l'adequat per a la seva comercialització, s'hi afegia un espessidor que es preparava dissolent en aigua productes cel·lulòsics del tipus de la carboximetil·cel·lulosa, metil·etil·cel·lulosa, etc. Posteriorment s'hi afegia la pigmentació i es duia a una altra àrea de la planta de producció anomenada la Zona Colorista per al seu acabat.

Per a la fabricació de pintures sintètiques, com a medi vehicular enlloc d'aigua s'utilitzava oli de llimosa, oli de fusta o resines alquídiques, epoxídiques, viníliques o cloro-cautxú. Els pigments i dissolvents eren dispersats sobre el medi líquid per generar el tipus de pintura desitjat. Per incrementar la viscositat de la solució final s'hi afegia un espessidor com la carboximetil·cel·lulosa o la metil·etil·cel·lulosa abans referides. Un cop obtingut el producte es duia també a la Zona Colorista per al seu retoc final.

Els dissolvents utilitzats per a la fabricació eren diversos: a més del *White spirit* (dissolvent alifàtic similar a l'aiguarràs) i el *Shellsol A* (dissolvent aromàtic tipus isoparafina) amb un contingut de resina del 70%, s'usava també xilol, metil-isobutil·cetona, isobutanol i etilglicol que eren emmagatzemats fins al seu ús en dipòsits soterrats. Per la seva banda, com a pigments s'usaven diferents compostos sòlids com biòxid de titani, litopó, òxids de ferro, zenc i crom verd, tetraoxicromat de zenc, mini de plom (tetraòxid de plom), zenc metàl·lic en pols, alumini en pasta, carbonat de calci, sulfats de bari o talc i caolí a raó de 30 Tones/any. Les atmosferes pulverulentes que podien generar-se com a conseqüència de la manipulació d'aquestes substàncies demanaven la utilització de proteccions individuals dins les instal·lacions, especialment en el cas del mini, substància altament tòxica. Per a la fabricació de vernissos en canvi, es partia de les resines alquídiques provinents d'altres fabricants que eren mesclades de diferents formes per obtenir el producte desitjat.

Aquesta producció però, durà molt poc temps. L'any 1979, tres anys després d'haver-la traspasat des de Badalona, l'empresa sol·licità la seva baixa al registre al·legant els següents motius:

«... el incesante progresivo encarecimiento de los transportes como consecuencia de la persistente e irreversible crisis energética, con la correspondiente cada vez más gravosa incidencia, debido a su emplazamiento alejado de las fuentes de suministro de primeras materias y de los mercados consumidores, de los costes del expresado capítulo en los de explotación de la referida factoría, han determinado a esta empresa a proceder al cierre y desmontaje de dicha planta industrial»<sup>329</sup>.

Per contra, encetà una línia de producció d'àcid monocloroacètic (MCA,  $\text{CH}_2\text{ClCOOH}$ ) aprofitant que a finals dels anys 1970s encara era l'únic productor de tricloroetilè de l'estat espanyol. L'objectiu fou marcat en 8.000 tones/any de MCA i 6.000 tones/any d'àcid clorhídric. El procés d'hidròlisi del TRI via carbur càlcic-acetilè obtenia un producte de puresa elevada (98%-99%). Integrant la planta de MCA amb la del TRI i el fosfat bicàlcic s'aconseguia que el conjunt configurés una unitat productiva que minimitzava al màxim els productes residuals resultants. La mescla obtinguda de MCA i àcid clorhídric es barrejava en un reactor amb àcid

<sup>329</sup> Sol·licitud de baixa al Registre Mercantil 20.12.1979 (Arxiu Municipal de Flix, consulta de 10.06.2014).

sulfúric al 75%. L'àcid clorhídric es purificava dels vapors de TRI a través d'una columna d'absorció després de la qual es condensaven per recircular-los. El TRI que no havia estat possible condensar se separava per decantació i es retornava al sistema. L'àcid clorhídric obtingut al 30% es redirigia fins la planta del fosfat bicàlcic. L'àcid sulfúric per la seva banda, era separat i refredat per reconduir-lo al sistema de reacció. La part de l'àcid que es purgava periòdicament del sistema era reconduït a la planta del PER/TETRA per a la seva reutilització.

### Insecticides, dielèctrics i retardants de flama

Als anys 1940s entrà en el sector de la indústria química orgànica la producció d'unes noves substàncies amb unes propietats especials que les feien molt atractives des d'un punt de vista comercial. Disposaven de múltiples usos comercials però un cop alliberades al medi eren difícilment degradables degut a la seva elevada estabilitat que els proporcionava el fet de ser molècules de gran volum i tenir àtoms de clor com a substituents. El procés habitual de trencament molecular a diòxid de carboni i aigua degut a l'atac oxidant de l'aire es produïa

amb molta dificultat, per aquest motiu eren difícilment assimilables pel medi. Moltes d'aquestes substàncies foren sintetitzades per al seu ús a l'agricultura després de la Segona Guerra Mundial. Amb els anys la degradació d'alguns d'aquests compostos al medi (DDT, PCBs, etc.) els transformaria en altres substàncies tant o més perjudicials per la salut i els ecosistemes (DDE, HCB, etc.) provocant una elevada diversificació dels compostos organoclorats.

La producció de l'insecticida dicloro-difenil-tricloroetà o DDT començà a Flix l'any 1945 de la mà d'Inquirea, filial d'EQF (Fig. 32). El procés de producció s'iniciava amb la cloració

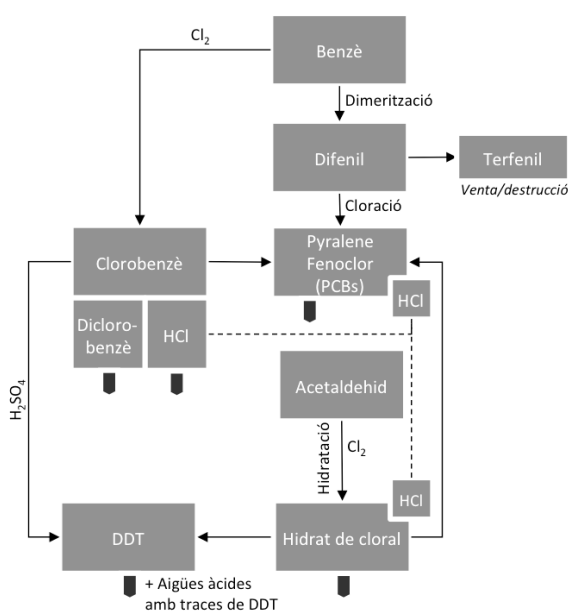
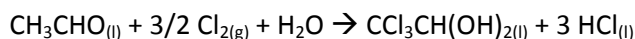
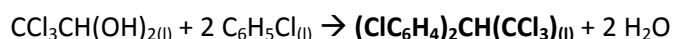


Fig. 32 Obtenció del DDT i PCBs  
Elaboració pròpia a partir d'Erkimia (1997)

d'acetaldehid ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) per produir hidrat de cloral (tricloroacetaldehid o  $\text{CCl}_3\text{CH}(\text{OH})_2$ ) generant àcid clorhídric com a subproducte que seria emprat en altres seccions de la fàbrica:



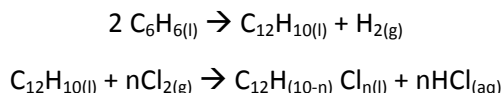
L'hidrat de cloral, l'element base per a la producció del DDT, era llavors sotmès a una dissolució de clorobenzè en presència d'àcid sulfúric per generar la reacció que el produïa:



Durant el procés productiu, a més d'àcid clorhídric es generava anhidre sulfúric com a subproducte que era absorbit amb aigua per evitar el seu escapament a l'atmosfera.

La producció de PCBs s'inicià més tard, l'any 1959, de forma vinculada a la fabricació del DDT. La col·laboració amb la química francesa Progil, que assessorà en el disseny del procés,

comportà la comercialització de dues gammes d'aquests productes sota les marques comercials de *Pyralene* i *Fenoclor*. Aquests compostos eren usats principalment per les seves propietats aïllants del corrent elèctric en les indústries de les pintures, les coles i els plàstics i per a la fabricació d'aparells elèctrics. Tant el *Pyralene* com el *Fenoclor* s'obtenien per cloració del difenil ( $C_{12}H_{10}$ ) produït mitjançant la dimerització del benzè segons les reaccions:

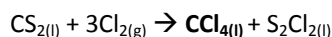


El procés es conduïa en funció del grau de cloració desitjat. Durant la transformació s'obtenia terfenil ( $C_{18}H_{15}$ ) com a subproducte de la reacció que podia ser comercialitzat. Posteriorment el producte era sotmès a un tractament per millorar-ne les propietats dielèctriques<sup>330</sup>. Ambdues produccions foren aturades per motius ambientals, el DDT l'any 1971 (Erkimia, 1997) i els PCBs l'any 1987.

### La producció de freons

Un dels productes que no deixà de produir-se durant tot el segle XX fou el tetraclorur de carboni o tetraclorometà (TETRA). Inicialment, l'any 1907 es fabricava com agent extintor de focs. Amb els anys però es descobriren nous usos (als anys 1960s començà a utilitzar-se per a la fabricació de propèl·lents i líquids de refrigeració), fins que als anys 1980s es descobrí que contribuïa a l'esgotament de la capa d'ozó i començà a disminuir la seva producció internacionalment<sup>331</sup>.

L'any 1942 s'obtingué l'autorització per produir-lo fent passar vapors de sofre sobre carbó a 900°C per produir sulfur de carboni que es feia reaccionar amb el clor de l'electròlisi. Es generava així una mescla de tetraclorur de carboni i protoclorur de sofre que s'havia de separar posteriorment en successives destil·lacions en columnes de materials resistents a la seva acció corrosiva (Beyer i Walter, 1987):



El sofre se separava de la solució per concentrar-lo i cristal·litzar-lo per a la seva comercialització. Mentre, el protoclorur era desviat a un agitador on se'l podia fer reaccionar amb dissolucions o suspensions aquoses d'òxids, hidròxids o sulfurs alcalins i/o alcalinoterris, especialment sulfur de bari, prèviament preparats. Donava lloc a l'obtenció de sofre lliure i clorurs de sodi, potassi, magnesi i bari usats en altres línies de procés<sup>332</sup>.

<sup>330</sup> La Directiva 96/59/CE del Consell de 16 de setembre de 1996 relativa a l'eliminació dels policlorobifenils i dels policloroterfenils establí l'obligació pels estats membres d'adoptar les mesures necessàries per garantir l'eliminació dels PCBs usats i la descontaminació o eliminació de PCBs i aparells que els continguessin com abans millor, i en últim cas a finals de l'any 2010.

<sup>331</sup> Inicialment la seva fabricació anava acompanyada de la generació d'uns subproductes inorgànics que eren reutilitzats a les instal·lacions. Patent d'invenció núm. 159.838 (1942). L'any 1943 es registraria una patent per a la millora del procés que implicaria l'obtenció del producte pur en una sola etapa. Des dels anys 1990s el tetraclorur de carboni és obtingut com a subproducte en la línia de producció dels clorometans.

<sup>332</sup> El calor després de la reacció exotèrmica ajudava a destil·lar el tetraclorur de carboni que seria condensat i recollit en un dipòsit a part. L'any 1972 Muñoz (1994) comptabilitza un volum de producció de 5.900 tones de tetraclorur de carboni. A partir del 2000 i amb l'inici de la producció dels clorometans, la producció pujarà per damunt de les 10.000 tones anuals.

Aquesta producció s'amplià als anys 1960s, així com els seus productes objectiu, amb l'explosió internacional de la utilització dels clorofluorocarbonis (CFCs). Després de la Segona Guerra Mundial se'ls descobrí una gran quantitat d'aplicacions, fet que en feu incrementar la demanda. Si fins als anys 1930s l'anhidre sulfurós, el clorometil o fins i tot l'amoníac foren considerats els refrigerants per excel·lència, l'aparició d'aquests compostos, especialment les seves formes CFC-11 i CFC-12, revolucionaren el camp dels refrigerants<sup>333</sup>.

L'any 1966 s'inicià la nova etapa de producció de CFCs a les instal·lacions de Flix, de la mà de la Hoechst, que posà a disposició d'EQF les seves capacitats tècniques<sup>334</sup>, però el trencament de les relacions produït entre ambdues empreses provocaren que l'empresa alemanya s'endugués la seva producció cap a Tarragona a principis dels anys 1970s. La S.A. Cros aleshores sol·licità la seva pròpia llicència per a la producció d'aquests compostos<sup>335</sup>. Amb la nova planta es construiria també una planta de liquació-desbromació que permetria l'obtenció d'uns clorometans amb menor contingut de broms.

Els objectius de producció de la nova planta se situaren en les 6.000 tones/any de clorur de metilè i 1.200 tones/any de cloroform. El procés productiu es basava en la cloració de les mescles comercials propilè-propà (considerat una impuresa) a temperatura elevada, produint les reaccions:



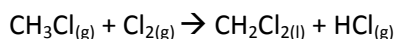
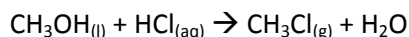
El propilè vaporitzat s'introduïa als reactors després de barrejar-lo amb el clor i el gas de circulació. A la sortida dels reactors es condensava la mescla gasosa en una torre que a més, separava l'àcid clorhídric format durant la reacció, que era refredat i recuperat. El cru obtingut es destil·lava en una columna. La mescla líquida obtinguda se sotmetia a fraccionament per eliminar les impureses que encara contenia. Com que els punts d'ebullició d'ambdós productes eren molt similars, la seva separació per temperatura resultava molt difícil, per la qual cosa se sotmetien a procés en columnes.

El clorur de metilè per la seva banda s'obtenia per cloració del clorur de metil, obtingut prèviament del metanol mitjançant unes reaccions on es recuperava l'àcid clorhídric per utilitzar-lo en altres línies de producció:

<sup>333</sup> L'elevat grau d'inflamabilitat, explosivitat, capacitat corrosiva i toxicitat que els eren propis suposà amb el temps que fossin substituïts per altres compostos de la família amb menys propietats nocives. A més, amb els anys es descobrí també que aquests compostos eren responsables de l'alteració de la capa d'ozó en incitar el trencament de la molècula O<sub>3</sub> provocant el fenomen que s'ha conegut com el forat de la capa d'ozó i començaren a ser retirats del mercat. A finals dels anys 1970s moltes de les seves aplicacions als Estats Units, Canadà, Noruega i Suècia havien desaparegut amb l'excepció d'algunes aplicacions mèdiques.

<sup>334</sup> La Hoechst fou qui introduí el procés de fabricació a Flix. L'any 1923 havia desenvolupat a Alemanya els primers processos de fabricació dels components més simples dels CFCs: el cloroform, el clorur de metilè o el clorur de metil, que eren obtinguts per cloració del metà. En el procés s'obtenia una barreja dels tres amb tetraclorur de carboni i àcid clorhídric com a subproducte. A partir dels anys 1940s diversificà la seva producció i s'especialitzà en la fabricació d'una àmplia gamma de CFCs obtinguts per cloracions i/o fluoracions successives del metà o l'età, que prengueren el nom comercial genèric *Frigen*.

<sup>335</sup> De fet la sol·licitud és de 1971.



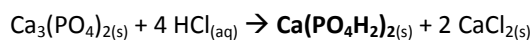
La hidrocloració del metanol es feia en medi aquós a temperatures entre 100°C i 150°C i a pressió atmosfèrica. S'usava un catalitzador de clorur de zinc ( $\text{Cl}_2\text{Zn}$ ) o de ferro ( $\text{Cl}_3\text{Fe}$ ) o un oxiclurur de bismut. El clorur de metil obtingut contenia aigua, metanol, dimetil èter i àcid clorhídric. Se separava de l'àcid per rentat amb aigua freda en una torre i a continuació es rentaven en una altra torre amb solució diluïda de NaOH. El dimetil èter i l'aigua se separen en una altra torre de rentat amb àcid sulfúric concentrat. El clorur de metil pur es comprimia i es condensava amb aigua freda per emmagatzemar-lo. En la segona fase es produïa la cloració del producte emmagatzemat en un reactor vertical a temperatura de 460°C aproximadament. Els gasos de sortida es refredaven i passaven a una columna de destil·lació on se separaven l'excés de clorur de metil i l'àcid clorhídric format a la reacció. Junt al clorur de metilè ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) es formaven quantitats substancials de cloroform ( $\text{CHCl}_3$ ) i petites de tetraclorur de carboni ( $\text{CCl}_4$ ) i altres derivats clorats de punt d'ebullició més elevat que se separaven per destil·lació fraccionada en columnes en sèrie<sup>336</sup>.

Al mateix temps que l'any 1987 s'inaugurava la nova línia de CFCs, apareixia a l'escena internacional el Protocol de Montreal<sup>337</sup>. Aquest acord prohibia la producció i comercialització de determinats compostos de la família dels CFCs i en limitava l'ús d'altres. Tot i que el protocol demanava anar reduint progressivament la seva producció, l'empresa estigué fabricant-los fins l'any 2013. Com a part de l'ERO imposada a principis d'aquell any, la línia dels clorometans fou finalment clausurada<sup>338</sup>.

### Additius per a pinsos d'alimentació animal

A partir dels anys 1970s, i passada l'onada d'expansió productiva de compostos orgànics, es recuperarien algunes línies de fabricació de productes inorgànics i se n'obririen de noves. D'aquesta manera l'any 1974 s'inaugurava la línia de producció del fosfat bicàlcic (FBC) just en el moment que la S.A.Cros es feia amb el control absolut de les instal·lacions. La seva fabricació consumia grans quantitats d'àcid clorhídric, un dels productes més generats a les instal·lacions com a subproducte d'altres fabricacions.

El fosfat tricàlcic [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ], component majoritari de la roca fosforita, era digerit amb àcid clorhídric diluït (al 10% aproximadament), sota condicions estrictament controlades per obtenir fosfat monocàlcic segons la reacció:



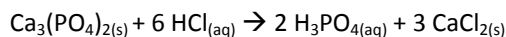
Segons les condicions d'operació es podia obtenir també àcid fosfòric en dissolució que podia

<sup>336</sup> El cloroform era utilitzat principalment com a matèria primera per a la fabricació de freons, especialment el CFC-22 ( $\text{CHClF}_2$ ), el refrigerant més usat en equips frigorífics i sistemes d'aire condicionat, així com per a la producció de tefló, dissolvents i per farmàcia (Ercros, 2012). El clorur de metilè era usat com a dissolvent per a l'eliminació de pintures i vernissos. El clorur de metil en canvi, permetia la fabricació de silicones o cautxú sintètic. També era usat per la indústria farmacèutica com a producte intermedi.

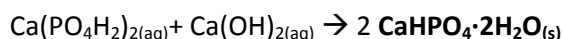
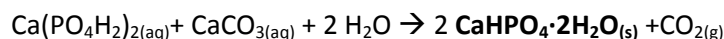
<sup>337</sup> Entrà en vigor l'any 1989.

<sup>338</sup> L'any 2005 aquesta línia de producció representava un 14% del volum de producció anual de les fàbriques de Flix (Resolució de 8 d'abril de 2008 relativa a la sol·licitud d'autorització ambiental per a l'adequació a la Llei 3/1998 de l'empresa ERCROS INDUSTRIAL,SA).

ser emprat per a la producció d'altres derivats fosfatats:



El fosfat monocàlcic es duia a un decantador on s'aconseguia eliminar els sòlids no atacats que quedaven dipositats al fons de la unitat. El líquid clarificat contenia l'ió fosfat en solució com a fosfat monocàlcic (més àcid fosfòric segons les condicions de procés). En aquest estat es conduïa a una cadena de precipitació per neutralitzar-lo gradualment amb pedra calcària (carbonat càlcic) i calç apagada (hidròxid càlcic) provocant la precipitació del fosfat bicàlcic hidratat en forma de cristalls ( $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).



Finalment, la dissolució resultant era filtrada, rentada i assecada per obtenir el producte comercialitzable (Kolay, 2007). El producte obtingut tenia una riquesa en fòsfor del 17,5% i de calci del 24%, que podia ser reutilitzat en el procés (UNIDO, 1998). Els líquids residuals eren tractats amb hidròxid càlcic en una planta de depuració per recuperar el fòsfor, que era reintroduït en el procés. Les aigües de rentat passaven novament pel decantador per recuperar l'àcid clorhídric diluït que tornava a ser utilitzat en el procés.

La mòlta de la roca original abans del seu processat generava unes emissions de pols a l'atmosfera que podien suposar certs problemes de salut, però que amb els anys s'anaren minimitzant amb la instal·lació de mesures correctores<sup>339</sup>. Per altra banda, com que l'atac àcid de la fosforita mai era complet del decantador se n'extreien sòlids constituïts fonamentalment per sílice (40% al 50%), fluorur de calci (20% al 30%) i fosfat tricàlcic (25% al 35%)<sup>340</sup>. Fins l'any 1986 aquests fangs foren alliberats directament al riu sense depuració prèvia. En compliment de la nova Llei estatal d'aigües de 1985, es construí l'abocador del Racó de la Pubilla (1986) que permeté gestionar-los de forma més adequada, després de dur-los a un dipòsit de polièster on es diluïen mitjançant agitació amb aigua per facilitar-ne el transport. Els fangs residuals aconseguïen una humitat del 45% al 50%<sup>341</sup>.

La roca original contenia importants quantitats de radionúclids que incorporaren el problema de la radioactivitat als fangs de l'embassament. L'origen natural d'aquests elements tanmateix, impedí que els fangs fossin considerats residus radioactius i per tant, evità l'obligació de dipositar-los en un abocador de residus perillosos, que no existeix al municipi.

<sup>339</sup> Si es recollien mitjançant sistemes adequats podien ser reincorporats a la unitat de digestió de l'àcid clorhídric.

<sup>340</sup> Amb un cabal de 5 m<sup>3</sup>/h, pH entre 4 i 5 i contingut de sòlids de l'ordre dels 210 kg/m<sup>3</sup>, es barrejaven amb els procedents de la dissolució de la sal en un tanc col·lector proveït de sistema d'agitació per homogeneïtzar-los. S'enviaven així al filtre de banda amb una injecció prèvia de floculant per millorar-ne la filtració.

<sup>341</sup> Des de 1974 fins al 1992 es produïren 70.000 Tones anuals de FBC. A partir d'aleshores i fins a l'actualitat la producció incrementà fins a les 100.000 Tones anuals. Aquests volums de producció podrien haver comportat l'abocament al riu d'entre 33 i 56 hm<sup>3</sup> d'aigües residuals amb continguts importants de radionúclids, així com entre 84 i 200 tones de residus sòlids (European Comission, 2007).

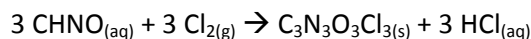


## La indústria del tractament d'aigües

A mitjans dels anys 1980s el grup Ercros s'introduí en la indústria de la producció de compostos per al tractament d'aigües. Una col·laboració entre la Cros i una empresa italiana anomenada Prodeco donà lloc a la constitució de Prodecros a les instal·lacions de Flix per a la fabricació de policlorurs d'alumini. Al 1991 fou traspasada a Kemira fins que al 2012 també marxà al pol químic de Tarragona.

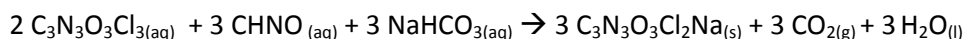
La producció de policlorur d'alumini  $[Al_n(OH)_mCl_{3n-m}]$ , que s'obtenia per reacció de l'àcid sulfúric sobre hidrat d'alúmina comportava la manipulació de l'hidrat d'alúmina dins les instal·lacions generant un focus d'emissions difuses de pols d'alumini necessari de controlar degut a la seva relació amb la generació d'una malaltia laboral coneguda com a pneumoconiosi<sup>342</sup>.

L'any 1999 en canvi, Ercros s'alià amb Inquide SA i constituí Inquide Flix S.A. per a la producció d'àcid tricloroisocianúric (ATIC) i dicloroisocianurat sòdic (DICNA) que començaren a fabricar-se l'any 2001<sup>343</sup>. L'ATIC ( $C_3N_3O_3Cl_3$ ) s'obtenia per cloració d'àcid cianúric (CHNO) en presència d'hidròxid de calci. S'obtenia així un sòlid cristal·lí de color blanc:



La suspensió obtinguda era centrifugada per separar el producte de les aigües mares. El sòlid humit era rentat i assecat per a la seva comercialització, mentre que les aigües residuals eren reciclades al procés de fabricació.

El DICNA per la seva banda, s'obtenia preparant una suspensió aquosa d'ATIC i àcid cianúric a la que s'afegia una suspensió de bicarbonat sòdic. En resultava també un sòlid cristal·lí de color blanc:



Via centrifugació, el producte era separat de les aigües residuals que eren recirculades a procés i posteriorment assecat. Els fluxos residuals resultants del procés eren tractats amb bisulfit sòdic per eliminar el clor actiu i neutralitzats amb hidròxid càlcic a pH 7. En aquestes condicions eren abocats al riu.

L'any 2002 es construï una nova planta per a la fabricació de sulfat d'alumini de la mà de Kemira. També s'hi incorporaria la fabricació de clorur fèrric, que tot i que es produïa a Flix des dels anys cinquanta, no era producte objectiu<sup>344</sup>. El clorur fèrric obtingut era prèviament utilitzat com a catalitzador per a determinats processos de l'electròlisi. L'any 1991 s'amplià la seva producció amb la construcció d'una nova planta. Kemira convertí la producció en la més

<sup>342</sup> La pneumoconiosis són un conjunt de malalties pulmonars produïdes per la inhalació de pols i la deposició de partícules sòlides inorgàniques en el sistema pulmonar. Algunes tipologies com l'asbestosis estan considerades com a pneumoconiosos maligna, altres com les associades a la pols de ferro o alumini estan considerades com a pneumoconiosos benigna. Poden portar associades disfuncions respiratòries.

<sup>343</sup> S'hi produïrien a més altres àcids com l'àcid cròmic, l'àcid fluorhídric, l'àcid fosfòric, l'àcid nítric, l'àcid clorhídric, l'àcid sulfúric, el sulfúric fumant, alguns àcids sulfurosos i l'àcid cianhídric. Tenia una capacitat de producció de 7000 Tones/any d'ATIC. El terreny destinat a les seves instal·lacions ocupava una superfície de 7.640 m<sup>2</sup> distribuïts en dues naus (LIIAA Inquide, 2002).

<sup>344</sup> La planta de clorur fèrric generava anualment 116 tones de fangs de clorur fèrric i 1.200 tones de residus amb coure metàl·lic.

important de tot l'estat espanyol fins que al 2012 s'endugué les tres produccions a Tarragona.

Per a produir clorur fèrric es feia reaccionar un conjunt de ferralla amb àcid clorhídric i clor obtenint un producte apte per al tractament<sup>345</sup>. La planta generava emissions de partícules i clor. Les aigües residuals anaven a parar a un col·lector on eren barrejades amb altres abocaments d'Ercros<sup>346</sup>. Les emissions contenien clorurs, sulfats, nitrogen amoniacal i parts de matèria orgànica<sup>347</sup>.

Ercros industrial subministrava un volum d'aigua de 18.000 m<sup>3</sup> cada any a la planta, dels quals 15.000 m<sup>3</sup> s'abocaven com a aigües residuals segons l'autorització atorgada per l'administració l'any 2008. D'aquesta manera, el volum concedit d'abocament d'aigües residuals provinents de la purga de les plantes aconseguia mantenir la conductivitat de la torre de refrigeració dins els paràmetres òptims de funcionament.

---

<sup>345</sup> Barrejat amb l'aigua aquest producte ajudava a eliminar les partícules sòlides de carbonat i hidròxid càlcic en forma d'hidròxid de ferro i clorur càlcic.

<sup>346</sup> S'aconseguia un cabal diari d'abocament de 8.550 m<sup>3</sup>/dia, dels quals només 325 m<sup>3</sup>/dia corresponien a Inquide (32,5 m<sup>3</sup>/h, considerant 10 hores diàries de funcionament) (LIIAA Inquide, 2002).

<sup>347</sup> El paràmetre més important però eren els clorurs, tot i que no superaven el líndar de 200 mg/l per aigües aptes pel consum humà. La barreja generada al col·lector d'abocament al riu arribava a assolir unes concentracions superiors als 60.000 mg/l que, quan el riu disposava d'una capacitat de dilució de 1:3.000, complien els límits legals d'immissió per aquest paràmetre.

## Beneficis dels rendiments del treball (1986-2013)

Aquest apartat pretén fer una aproximació al càlcul de les despeses en concepte de personal que la fàbrica Erkimia-Flix ha mantingut entre els anys 1986 i 2013. L'objectiu és conèixer en ordres de magnitud els rendiments del treball derivats de l'electroquímica, que han suposat un benefici econòmic pel territori durant aquest període. Tot i que la majoria de fàbriques del grup disposen de Declaració ambiental a partir de la qual es poden obtenir dades particularitzades per factoria, en el cas de Flix el grup no ha realitzat mai la corresponent avaluació EMAS, fet pel qual no s'ha pogut obtenir directament aquesta dada que s'ha hagut d'aproximar a partir de dades globals del grup Ercros.

Des de l'any 1997 Ercros publica els informes de resultats anuals de totes les fàbriques de l'estat espanyol. Aquests documents aporten informació sobre el balanç anual on apareixen dos dels paràmetres que s'han usat per al càlcul: despeses de personal del grup i nombre de treballadors. Faltarà una tercera variable, el nombre de treballadors de la factoria Erkimia-Flix que en ocasions s'ha pogut obtenir de la mateixa font (publicada a la web corporativa d'Ercros) i en altres s'ha obtingut de diferents publicacions sobre la història de la fàbrica, entre elles Muñoz (1994) i Erkimia (1997). El mètode de càlcul utilitzat s'ha basat en obtenir un valor de la despesa del grup per treballador per cada any considerat i aplicar-lo al nombre de treballadors de la factoria un cop actualitzat a preus de l'any 2013 segons la base IPC-2011<sup>348</sup>. S'és conscient que aquesta aproximació fa el supòsit que la política salarial és equivalent arreu del territori, fet que no té perquè ser cert.

Per altra banda, un altre supòsit que pot comportar un biaix important en les dades és el fet que entre els anys 1989 i 1996 no s'han trobat dades de la despesa de personal del grup (recordem que el grup es fa constituir l'any 1989). Tanmateix, per poder realitzar l'exercici s'ha fet el supòsit que en aquest període les despeses per treballador del grup han estat iguals al primer any amb dades disponibles un cop actualitzades a preus 2013, tot i ser conscient de l'error que s'està introduint. S'ha de considerar però, que es produirà un biaix que si més no, sobreestima les dades que posteriorment compararem amb l'estimació (mínima) dels costos ambientals, és a dir, que la dada resultant de l'extrapolació serà sensiblement superior a la que s'hauria obtingut de disposar de la dada real.

---

<sup>348</sup> Tot i que les despeses de personal declarades als informes anuals del grup no tenen perquè ser iguals als sous percebuts pels treballadors, ambdues dades estan prou vinculades com per considerar-ne l'equivalència.

Any	Núm. treballadors Ercros	Despesa de personal d'Ercros	Despesa per treballador	Despesa per treballador <sup>(1)</sup>	Nombre de treballadors Erkimia	Despesa de personal Erkimia <sup>(1)</sup>	Despesa acumulada fins a 2013
1986	-	SD	SD	56.677,20 *	780	44.208.213,82	687.512.219,89
1987	-	SD	SD	56.677,20 *	772 *	43.754.796,25	643.304.006,07
1988	-	SD	SD	56.677,20 *	764 *	43.301.378,67	599.549.209,82
1989	SD	SD	SD	56.677,20 *	756 *	42.847.961,09	556.247.831,15
1990	1650	SD	SD	56.677,20 *	748	42.394.543,51	<b>513.399.870,06</b>
1991	SD	SD	SD	56.677,20 *	709	40.184.132,82	471.005.326,55
1992	SD	SD	SD	56.677,20 *	605 *	34.289.704,31	430.821.193,73
1993	SD	SD	SD	56.677,20 *	501	28.395.275,80	<b>396.531.489,42</b>
1994	SD	SD	SD	56.677,20 *	424	24.031.131,62	368.136.213,62
1995	1037	SD	SD	56.677,20 *	418	23.691.068,43	344.105.082,00
1996	1060	SD	SD	56.677,20 *	405	22.954.264,87	320.414.013,57
1997	1068	39.408.363,68	36.899,22	56.677,20	401	22.727.556,08	297.459.748,70
1998	1080	40.989.025,52	37.952,80	57.118,97	394	22.504.872,65	274.732.192,62
1999	1088	42.263.171,18	38.844,83	57.218,43	386 *	22.086.313,73	252.227.319,97
2000	1063	42.533.626,63	40.012,82	56.978,25	378 *	21.537.780,12	230.141.006,23
2001	1068	44.241.000,00	41.424,16	56.626,82	370 *	20.951.924,52	208.603.226,11
2002	976	42.435.000,00	43.478,48	57.478,56	361	20.749.758,47	187.651.301,58
2003	994	45.313.000,00	45.586,52	58.624,26	359	21.046.110,63	166.901.543,11
2004	972	49.540.000,00	50.967,08	63.352,08	328	20.779.481,65	145.855.432,49
2005	1846	93.505.000,00	50.652,76	61.036,58	293	17.883.717,67	125.075.950,84
2006	2162	108.460.000,00	50.166,51	58.142,99	245	14.245.032,05	107.192.233,17
2007	2100	136.190.000,00	64.852,38	73.412,90	245	17.986.159,33	92.947.201,11
2008	1954	106.430.000,00	54.467,76	58.716,24	245	14.385.479,68	74.961.041,78
2009	1819	106.187.000,00	58.376,58	63.572,10	242	15.384.447,28	60.575.562,10
2010	1635	88.702.000,00	54.251,99	58.212,38	231	13.447.060,44	45.191.114,81
2011	1618	84.620.000,00	52.299,13	54.391,10	230	12.509.953,03	31.744.054,37
2012	1618	83.110.000,00	51.365,88	52.444,57	230	12.062.250,49	19.234.101,34
2013	1475	80.140.000,00	54.332,20	54.332,20	132	7.171.850,85	7.171.850,85
<b>TOTAL</b>	-	<b>1.667.559.187,54</b>	-	-	-	<b>653.611.373,32</b>	-

<sup>(1)</sup> Valors actualitzats a 2013; \* Dada estimada; SD Sense Dades

Taula 23 Despesa directa de personal d'Erkimia-Flix (1986-2013, en €)  
Elaboració pròpia a partir de Grup Ercros (1997-2013)

En relació al nombre de treballadors del grup, disposem de dades per als anys 1985 i 1990 i el període 1995 a 2013. No obstant això, com que aquesta dada només la utilitzem per calcular la despesa per treballador i només tenim dades globals de personal des de 1997, els buits en aquesta sèrie no ens afectaran. No passarà el mateix en canvi, en el cas del nombre de treballadors d'Erkimia, dada necessària per calcular la despesa de personal de la factoria de Flix. En aquest cas tenim dades de 1985 (que utilitzarem com a dada inicial del període, és a dir, equivalent a 1986), 1990 i 1991, 1993 a 1998 i de 2002 en endavant. Els buits s'ompliran realitzant una aproximació lineal entre els anys pels quals sí es té dades, considerant aleshores una evolució progressiva de la plantilla de treballadors, tot i saber que en casos com per exemple l'any 1992 aquesta aproximació no serà del tot certa perquè fou un any d'acomiadaments. En tot cas, altra cop, el biaix introduït comportarà un increment del valor final de despesa de personal que s'obtindria de disposar de les dades reals i que fa més preventiva la comparació amb l'estimació dels costos ambientals que es farà posteriorment. La despesa acumulada des de l'any considerat fins a 2013 ens donarà un valor que podem comparar amb les despeses ambientals calculades en l'apartat corresponent (Taula 23).

Any	Despesa directa acumulada des de 2013	Despesa indirecta acumulada des de 2013 (Despesa directa/3)	Despesa acumulada fins a 2013
1986	687.512.219,89	229.170.739,96	916.682.959,85
1987	643.304.006,07	214.434.668,69	857.738.674,76
1988	599.549.209,82	199.849.736,61	799.398.946,43
1989	556.247.831,15	185.415.943,72	741.663.774,87
1990	513.399.870,06	171.133.290,02	684.533.160,08
1991	471.005.326,55	157.001.775,52	628.007.102,07
1992	430.821.193,73	143.607.064,58	574.428.258,31
1993	396.531.489,42	132.177.163,14	528.708.652,56
1994	368.136.213,62	122.712.071,21	<b>490.848.284,82</b>
1995	344.105.082,00	114.701.694,00	458.806.776,00
1996	320.414.013,57	106.804.671,19	427.218.684,76
1997	297.459.748,70	99.153.249,57	<b>396.612.998,26</b>
1998	274.732.192,62	91.577.397,54	366.309.590,15
1999	252.227.319,97	84.075.773,32	336.303.093,29
2000	230.141.006,23	76.713.668,74	306.854.674,97
2001	208.603.226,11	69.534.408,70	278.137.634,81
2002	187.651.301,58	62.550.433,86	250.201.735,45
2003	166.901.543,11	55.633.847,70	222.535.390,82
2004	145.855.432,49	48.618.477,50	194.473.909,98
2005	125.075.950,84	41.691.983,61	166.767.934,45
2006	107.192.233,17	35.730.744,39	142.922.977,55
2007	92.947.201,11	30.982.400,37	123.929.601,48
2008	74.961.041,78	24.987.013,93	99.948.055,71
2009	60.575.562,10	20.191.854,03	80.767.416,13
2010	45.191.114,81	15.063.704,94	60.254.819,75
2011	31.744.054,37	10.581.351,46	42.325.405,83
2012	19.234.101,34	6.411.367,11	25.645.468,46
2013	7.171.850,85	2.390.616,95	9.562.467,80

Taula 24 Despeses totals de personal vinculades a la fàbrica de Flix (1986-2013), en € 2013  
Elaboració pròpia

Per altra banda, segons José Luis Peña Peñacoba, director de la fàbrica l'any 1997<sup>349</sup>:

«La nòmina anual total que Erkimia paga al seu personal actiu i pensionista és al 1997 d'uns 3.000 milions de pessetes [...]. La contractació directa per la fàbrica dels diferents serveis establerts entorn a la mateixa, i necessaris per desenvolupar una activitat industrial del tipus de química bàsica (transportistes, manteniment i muntatges, obra civil i construcció, materials, restauració, etc.), suposa uns altres 1.000 milions per a Flix i la seva zona d'influència més propera (66 milions €). En total, uns 4.000 milions de pessetes» (Erkimia, 1997).

Aquestes declaracions impliquen que per cada 3 € de despesa de personal assumida directament per la fàbrica, el municipi de Flix obté un euro més en concepte de despeses indirectes. Per tant, si assumim que aquesta relació s'ha mantingut més o menys constant al llarg del període i apliquem el factor als resultats de la taula anterior obtindrem (Taula 24).

<sup>349</sup> Fou director de la fàbrica des de l'any 1990 a l'any 2002. Al 2005, després d'ocupar el càrrec de Director de Relacions Institucionals del grup Ercros fins al 2005, fou nomenat Director per al Desenvolupament Sostenible del grup, càrrec que ostentà fins l'any 2013. Fou imputat per responsabilitat civil solidària i subsidiària en el cas del delictes ecològic d'Ercros presentat l'any 1993, però absolt en la resolució de 2013.



## Metodologia de càlcul del cost de la descontaminació dels sòls industrials

A mitjans dels anys 2000s l'empresa Ercros inicià la caracterització dels sòls de les parcel·les dels terrenys del recinte industrial a Flix. Els estudis realitzats fins a 2013 donen suficients dades per avaluar el grau de qualitat en què es troben. La consulta d'aquests informes ha permès realitzar aquest exercici teòric amb l'objectiu de posar ordres de magnitud al cost que podria suposar la decisió final de descontaminar el sòl, si més no, una part d'ell.

Per poder quantificar aquest cost es necessiten dos paràmetres: el volum dels sòls a descontaminar i el cost unitari de tractament de cada fracció. El volum de sòls s'obté identificant prèviament quines són les parcel·les de l'emplaçament amb el nivell de contaminació més significatiu<sup>350</sup>, calculant la seva superfície i identificant mitjançant els perfils hidrogeològics la profunditat mitjana a la què es detecta la contaminació. Posteriorment, l'anàlisi de costos unitaris de descontaminació dels sòls en funció de diferents fonts bibliogràfiques i de les diferents tècniques utilitzades, així com la referència del mateix projecte de descontaminació dels fangs de l'embassament ens donarà un rang de costos possibles dins el qual fixarem una xifra orientativa.

### 1. Identificació de parcel·les afectades

Els informes realitzats per Litoclean (2008, 2010) per caracteritzar la contaminació dels sòls a tota la fàbrica zonifiquen les instal·lacions en diferents parcel·les en funció de l'activitat present o passada que s'hi ha desenvolupat (Fig. 33). Per cadascuna d'elles es mesuren els gasos del subsòl (mitjançant tecnologia PETREX) i es prenen mostres superficials del sòl per determinar-ne els diferents graus d'afectació. S'estableixen d'aquesta manera 11 grans parcel·les (de la A a la H) incloent una part de l'àrea de la colònia i una zona al sector més occidental que tot i no haver estat usada per a la fabricació, s'hi ha detectat uns nivells de contaminació força rellevants. Analitzant els resultats d'aquests informes però, es pot acotar una mica més aquestes parcel·les si s'elimina de l'anàlisi els espais en què el nivell de contaminants és menyspreable en comparació al de les parcel·les que mostren major grau d'afectació i delimitant més acuradament l'espai de les grans parcel·les on es detecten els majors graus de contaminació segons els informes. En resulten 14 parcel·les.

---

<sup>350</sup> No es considerarà tot el recinte industrial, tot i que l'afectació per compostos organoclorats és generalitzada a tota la fàbrica.



Fig. 33 Zonificació dels terrenys de la fàbrica  
Elaboració pròpia a partir de Litoclean (2008, 2010)

Parcel·la núm.	Equivalència amb Litoclean	Descriptor	Superfície (ha)	Grau de l'impacte
1	Zona A	Antiga nau exterior d'emmagatzematge de residus organohalogenats	1,17	Alt
2	F	Antigues instal·lacions de freons, acetaldehid i àcid acètic i part dels polímers d'acetat de vinil (Inquide Flix)	0,65	Alt
3	E	PCBs, polímers d'acetat de vinil, difenil, clorur fèrric, àcid monocloroacètic, DDT i clorobenzè (Inquide Flix)	1,50	Moderat
4	B,D	Nau d'alcohols sulfonats (antic magatzems d'hidrocarburs halogenats). Actual planta dels clorometans	1,87	Mig
5	C	Terrenys fora de la fàbrica però amb uns nivells de contaminació molt importants	0,56	Mig
6	I Sud	Electròlisi II i estoc de sal	1,26	Mig
7	G Ncentre-oriental	Espai ocupat per les electròlisis III i IVA	1,33	Moderat
8	J centre-N	Planta de producció de l'hexacloroetà i el tricloroetilè, àcid clorhídric de síntesis i clorur amònic	0,99	Alt
9	J Noriental + K Noccidental	Planta de producció del percloroetilè/tetracloroetilè i àcid clorhídric de síntesis	1,61	Alt
10	K Ncentral	Planta de fosfat bicàlcic	0,92	Baix
11	J Soriental + K Soccidental i central	Antiga electròlisi I i fusió de la sosa i part del percloroetilè	2,32	Moderat
12	K oriental	Espai lliure de la planta	2,79	Baix
13	G occidental	Planta de cogeneració	0,50	Moderat
14	H Sud	Zona de la colònia (única considerada d'ús residencial)	0,88	Moderat
Espai total avaluat			18,35	

Taula 25 Classificació del grau de contaminació de les parcel·les i superfícies  
Elaboració pròpia a partir de Litoclean (2008; 2010); SIMA (2013)



Analitzant detalladament els valors resultants dels paràmetres de contaminació d'aquestes parcel·les es pot fer una gradació de la magnitud de l'afectació en parcel·les altament contaminades, mitjanament contaminades, moderadament contaminades o amb baixa contaminació<sup>351</sup>. Novament, eliminant les dues últimes categories ens quedarem amb 7 parcel·les de mida menor en què s'ha considerat uns nivells de contaminació alts i mitjans (parcel·les 1, 2, 4, 5, 6, 8 i 9) (Taula 25).

## 2. Càlcul de superfícies

Un cop delimitades les parcel·les que seran considerades per l'anàlisi s'ha de calcular la seva superfície. Per fer-ho s'ha utilitzat l'eina de càlcul de superfícies del Servei Interactiu de Mapes Ambientals de la Generalitat que dona informació georeferenciada del cadastre. Aquesta eina permet el càlcul en base a la construcció de polígons damunt el mapa. Aquest procés s'ha fet per cadascuna de les parcel·les considerades, obtenint els valors que es mostren a la Taula 25. Òbviament, no deixa de ser una aproximació<sup>352</sup>.

Segons les fitxes del cadastre de l'any 2010, la superfície total ocupada per la planta és de 24 ha repartides en dues parcel·les<sup>353</sup>. No obstant això, els treballs per a la caracterització dels sòls no s'han limitat a analitzar només els terrenys actualment construïts sinó que s'ha inclòs a l'anàlisi altres parcel·les que, degut a l'activitat històrica que havien albergat, eren susceptibles d'estar contaminades, és a dir, un total de 40 ha. Un cop acotades en funció de la nova parcel·lació realitzada la superfície resultant a considerar ha resultat ser de 18,35 ha, un 46% de l'espai prèviament analitzat. D'aquestes, després d'eliminar les que s'havia classificat amb un nivell d'afectació moderat o baix, han resultat 8,11 ha. Per tant, finalment només es consideraran susceptibles de neteja el 20% dels terrenys prèviament analitzats.

## 3. Càlcul de profunditats

El recinte fabril es construí sobre terrasses al·luvials que estan formades per graves sorrenc-argiloses a la base i un recobriment variable de llims i sorres argiloses amb un diàmetre fi de partícula. La línia del ferrocarril divideix el recinte en les parcel·les corresponents a les terrasses inferiors (més properes a l'embassament) i les terrasses superiors (més allunyades de l'aigua). En general, es troben espessors d'entre 4 i 10 m. a la terrassa inferior i fins a 17 m. a les zones marginals més allunyades de l'embassament. El gruix de rebliments pot arribar als 12 m. d'espessor (Cespa, 2005; 2008).

El substrat paleogènic per la seva banda, està format per margues argiloses de colors ocres a vermellosos que intercalen nivells de gres i, localment, conglomerats, microconglomerats, sorres de calcàries de gra fi i colors clars, calcàries micrítiques lacustres i nivells centimètrics de guixos. Tanmateix, la mida de les partícules que conformen aquest estrat és superior a la del substrat al·luvial. En base a aquest fet, i seguint el criteri marcat per Getinsa en el projecte de descontaminació dels fangs de l'embassament segons el qual els materials amb un diàmetre de

<sup>351</sup> Consultar al punt 6 d'aquest mateix apartat el detall de la classificació realitzada

<sup>352</sup> Generalitat de Catalunya (2013). *Servei Interactiu de Mapes Ambientals*. Recuperat des de <http://sima.gencat.cat/Visors/SIMA/Inici.html>

<sup>353</sup> Ministeri d'Hisenda i Administracions Públiques (2013). *Seu Electrònica del Cadastre* [03.04.2013]. Recuperat des de <http://www.sedecatastro.gob.es>

partícula superior a 0,08 mm. (sorres que no siguin molt fines i graves) és difícil que continguin altes concentracions dels contaminants (només els materials constituïts majoritàriament per argiles, llims i sorres molt fines de fins a 0,08 mm. poden retenir els contaminants), aquest substrat no es considerarà per a l'anàlisi. No obstant això, no s'ha d'oblidar, que els informes realitzats per Litoclean mostren nivells rellevants de contaminants al sòl en profunditats que corresponen majoritàriament a materials de mides superiors a 0,08mm. (Litoclean, 2008; 2010).

Parcel·la	Terrassa	Perfil considerat	Profunditat del perfil	% <sup>(1)</sup>
1	Superior	No n'hi ha	De 2 a 4 a 0 m <sup>(2)</sup>	100%
2	Inferior	Perfil 1	De 0 a 3,5 m	65% <sup>(3)</sup>
		Perfil 2	De 0 a 3,5 m	85%
4	Superior	Perfil 1	De 2 a 4 a 0 m	90%
		Perfil 2	De 2 a 3 a 1 m <sup>(4)</sup>	90%
5	Superior	Perfil 1	De 0 a 3 m.	60%
		Perfil 2	De 0 a 2,5 a 2 m	60%
6	Inferior	Perfil 4	De 0 a 3 m	85%
8	Inferior	Perfil 5	De 2,5 a 8 a 7 m	100%
9	Inferior	Perfil 6	De 0 a 12 m <sup>(5)</sup>	100%

<sup>(1)</sup> Percentatge de la llargada de la parcel·la en direcció sud-nord que conté els materials que poden retenir les partícules contaminades (llims, argiles i materials de rebliment)

<sup>(2)</sup> El perfil més proper és l'1, corresponent a la parcel·la 4

<sup>(3)</sup> Els dos perfils considerats corresponen a dos extrems de la parcel·la. Per tant, es considerarà per al càlcul el valor promig, 75%

<sup>(4)</sup> Les profunditats varien de 1 a 3 m i de 0 a 4 m. Prendrem en aquest cas el valor més extrem

<sup>(5)</sup> El material de rebliment assoleix els 12 m de profunditat, però la major part del perfil mostra una profunditat de 9 m.

Taula 26 Profunditats considerades per al càlcul de volums de descontaminació  
Elaboració pròpia a partir dels perfils hidrogeològics de CESPÀ GTR (2005, 2008)

Els perfils hidrogeològics realitzats per CESPÀ GRT als anys 2005 i 2008 ens mostren les profunditats fins a les què es troben els llims i argiles i els materials de rebliment en l'al·luvial (Taula 26). Els estudis realitzaren un total de 7 perfils al llarg d'1,5 km. (amplada de la façana de la fàbrica). Quan el perfil no transcorri exactament per la parcel·la considerada realitzarem una aproximació utilitzant el més proper. Per altra banda, el perfil ens dóna informació de major detall per acotar el tros de les parcel·la delimitada que conté el material buscat. Quan no és tota l'amplada del perfil el què el conté es procurarà acotar més el volum del sòl a tractar. Per fer-ho es buscarà el percentatge de l'amplada de la parcel·la (amb una orientació sud-nord) que el conté i s'aplicarà al volum final de sòl a considerar.

#### 4. Volums de descontaminació per parcel·la

La combinació de superfícies, percentatges de superfície de la parcel·la amb materials fins i la profunditat d'aquests materials ens donen els volums de sòl susceptibles de ser descontaminats que es trobarà al voltant dels 387 mil m<sup>3</sup> (Taula 27).

Parcel·la	Profunditat del perfil	Superfície total (m <sup>2</sup> )	%	Superfície considerada (m <sup>2</sup> )	Volum de sòls (m <sup>3</sup> )
1	4 m.	11.700	100%	11.700	46.800
2	3,5 m.	6.500	75%	4.900	17.063
4	4 m.	18.700	90%	16.800	67.320
5	3 m.	5.600	60%	3.400	10.080
6	3 m.	12.600	85%	10.710	32.130
8	8 m.	9.900	100%	9.900	79.200
9	9 m.	16.100	100%	16.100	144.900
<b>Total</b>	<b>Profunditat mitjana: 4,6 m.</b>	<b>81.100</b>		<b>73.475</b>	<b>386.783</b>

Taula 27 Volums de sòls per a la descontaminació  
Elaboració pròpia

## 5. Identificació de costos unitaris per a la neteja del sòl

Els costos associats a la descontaminació d'un sòl depenen de molts factors i és difícil d'estandarditzar-ne un cost unitari. Tanmateix, diferents autors donen pistes del barem en què poden moure's en funció de les diferents tècniques emprades (Taula 28). En aquest sentit, les tècniques que considerarem per a l'anàlisi seran les mateixes aplicades als fangs de l'embassament atès que les característiques de contaminació d'ambdós sòls són molt similars i perquè les instal·lacions ja estan construïdes. Per tant, considerem un tractament dels sòls físic-químic basat en la desorció quan siguin compostos volàtils i semivolàtils orgànics (parcel·les 1, 2, 4 i 5), l'oxidació si es tracta majoritàriament de volàtils en concentracions moderades (parcel·les 8 i 9) i l'estabilització si principalment es detecten metalls pesants com el mercuri en els materials del sòl (parcel·la número 6)<sup>354</sup>.

Els costos estimats per cadascuna de les tècniques es mou en un rang de valors força amplis. En el cas de la desorció tèrmica el rang va entre els 32 €/m<sup>3</sup> fins als 260 €/m<sup>3</sup>. En aquest cas però, les fonts consultades permeten fer una estimació més acurada en funció de diferents casos d'exemple que trobem publicats. En tots ells, els costos reals de la descontaminació es mouen en el rang alt per a pesticides, volàtils clorats. En el cas dels PCBs, hi ha més diferència entre els dos exemples que van del 194 €/m<sup>3</sup> als 396 €/m<sup>3</sup>, per tant ens fixarem en els valors dels dos primers grups de contaminants. Entre els 211 i els 282 €/m<sup>3</sup> proposats per Hyman i Dupont agafarem un valor mig de 250 €/m<sup>3</sup>. Hem de tenir en compte però, que una part dels materials sotmesos a aquest tractament acaben amb un tractament d'incineració per eliminar totalment els compostos que no han estat destruïts amb la desorció. Veiem que en aquest cas, els costos poden arribar a ser molt majors, de fins a 760 €/m<sup>3</sup>, cost que ja no hem considerat. En el cas de l'oxidació/reducció també trobem un barem de costos ampli que va des dels 102 €/m<sup>3</sup> fins als 470€/m<sup>3</sup>. Com que en aquest cas no disposem d'exemples, treballarem amb el supòsit del valor mig de 286€/m<sup>3</sup>.

En el cas de l'estabilització passa el mateix. El barem el trobem entre els 20 €/m<sup>3</sup> i els 190€/m<sup>3</sup>. En aquest però no utilitzarem un valor mig perquè suposadament els costos del rang inferior són per tècniques de tractament in situ. Per tant, usarem el valor dels 140€/m<sup>3</sup> que proposa Dorronsoro.

<sup>354</sup> Desorció: combustió tèrmica a menys de 350°C. Oxidació tèrmica: incineració a 1.100°C amb reactius (permanganat potàssic en el nostre cas). L'estabilització busca un tractament que tendeixi a la inertització del material.

Tecnologia de tractament	Costos orientatius (€/m <sup>3</sup> )	Fonts de referència
Tècniques ex-situ	845	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sabroso, M.C., Pastor, A. (2004) <i>Guía sobre suelos contaminados</i>. Gobierno de Aragón.</li> </ul>
Desorció tèrmica	32-213 40 -260	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dorronsoro, C. (2007) <i>Màster en Enginyeria del Medi Ambient</i>. Departament d'Edafologia i Química Agrícola. Universitat de Granada.</li> <li>Khan, F.I., Husain, T., Hejazi, R. (2004) <i>An overview and analysis of site remediation technologies</i>. Journal of Environmental Management, Núm. 71, pàgs. 95–122</li> </ul>
Incineració on site	180 - 760	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atlas, R. M.; Philp, J. (2005) <i>Bioremediation. Applied Microbial Solutions for Real-World. Environmental Cleanup</i>. Washington: American Society for Microbiology. <i>A Guia de bioremediació de sòls contaminats per hidrocarburs del petroli</i>. UB i d'ENGINY biorem, juliol 2009. ARC, DMAH.</li> </ul>
Oxidació/reducció amb reactius	135-470 102-306	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dorronsoro, C. (2007)</li> <li>Hamby, D.M. (1996) <i>Site remediation techniques supporting environmental restoration activities: a review</i>. The Science of the Total Environment, Vol. 191, Núm. 3, pàgs. 203-224</li> </ul>
Estabilització	140 20-190	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dorronsoro, C. (2007)</li> <li>Atlas, R. M.; Philp, J. (2005)</li> </ul>

Estimacions: 1 tona sòl = 1,3 m<sup>3</sup>

Casos d'exemple per a la desorció tèrmica		
Contaminants tractats	Costos (€/m <sup>3</sup> )	Fonts de referència
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alifàtics clorats i HAPs (Anderson Development Company Superfund Site, MI)</li> </ul>	235-350	<ul style="list-style-type: none"> <li>Khan, F.I., Husain, T., Hejazi, R. (2004)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>PCBs (Outboard Marine Corporation Superfund Site, OH)</li> </ul>	194	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pesticides (T.H. Agriculture and Nutrition Company Superfund Site, GA)</li> </ul>	205	
<ul style="list-style-type: none"> <li>VOCs halogenat</li> <li>Pesticides clorats</li> <li>PCBs</li> </ul>	211 282 396	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hyman, M., Dupont, R.R. (2001) <i>Groundwater and soil remediation. Process design and cost estimating of proven technologies</i>. Asce press.</li> </ul>

Taula 28 Costos unitaris de descontaminació dels sòls referenciats a la bibliografia  
Elaboració pròpia

Parcel·la	Superfície total (m <sup>2</sup> )	Materials fins (%)	Superfície considerada (m <sup>2</sup> )	Profunditat de neteja (m)	Volum (m <sup>3</sup> )	Cost (\$/m <sup>3</sup> )	Total (M€)
Núm. 1	11.700	100%	11.700	4	46.800	250	11,70
Núm. 2	6.500	75%	4.875	3,5	17.063	250	4,27
Núm. 4	18.700	90%	16.830	4	67.320	250	16,83
Núm. 5	5.600	60%	3.360	3	10.080	250	2,52
Núm. 6	12.600	85%	10.710	2	21.420	140	3,00
Núm. 8	9.900	100%	9.900	8	79.200	286	22,65
Núm. 9	16.100	100%	16.100	9	144.900	286	41,44
	<b>81.100,00</b>		<b>73.475,00</b>	<b>4,79</b>	<b>386.782,50</b>		<b>102,41</b>

Taula 29 Estimació de costos de la descontaminació dels sòls  
Elaboració pròpia

En base a aquests supòsits per tant, el cost estimat de la descontaminació d'un 20% de les parcel·les industrials d'Ercros a Flix es troba al voltant dels **100 milions €** (Taula 29).

## 6. Classificació del grau de contaminació de les diferents parcel·les

En les taules 27 a 29 es mostren els valors més elevats de cadascun dels paràmetres analitzats en els diferents estudis i detectats en cadascuna de les parcel·les. En relació als valors resultants s'ha de fer les següents consideracions:

Anàlisi PETREX (Taula 30):

- La tecnologia PETREX analitza els gasos emesos pel sòl i les aigües subterrànies d'acord a la quantitat de contaminant que aquests contenen i que té la capacitat de volatilitzar-se. Per aquest motiu, els valors resultants mesurats en nanograms no són concentracions reals dels compostos en aquest medi, sinó que indiquen la possibilitat que el sòl o les aigües subterrànies continguin elevades concentracions de les substàncies analitzades. Per tant, la valoració de l'impacte de la parcel·la es farà considerant que una major resposta a un contaminant indica un major contingut del compost al sòl o les aigües subterrànies, però en cap cas la seva concentració. Per aquest motiu, els valors obtinguts no poden creuar-se amb nivells de referència perquè no existeix legislació a aquest efecte.
- Les diferents parcel·les disposen de diferents punts mostrejats. En alguns casos, la resposta a determinats contaminants es detecta en diferents punts de la parcel·la, en altres casos en canvi, es detecta un valor de resposta puntual. Quan ha estat aquest el cas (marcat a la taula amb color vermell) no s'ha considerat el punt per la valoració de l'afectació de la parcel·la.
- Per cada contaminant es destaquen els valors que mostren les respostes màximes (cel·les ressaltades amb color blau fosc) i que corresponen a una parcel·la determinada. En alguns casos, també es destaquen altres valors que, tot i no ser tant elevats, són també rellevants (cel·les ressaltades amb color blau més suau).

Mostres directes de sòl (Taula 31):

- En aquest cas, els valors resultants sí mostren les concentracions reals dels contaminants detectades al sòl a profunditats de fins a 2 m. Aquests valors poden creuar-se amb la legislació vigent per detectar els casos en què se superen els nivells genèrics de referència (NGR).
- El Real Decret 9/2005 determina els valors a considerar com a NGR per a la protecció de la salut humana en funció de l'ús del sòl que hem considerat sempre com a industrial. Però no tots els compostos analitzats disposen dels seu corresponent NGR. En el cas dels metalls pesants, els NGR venen establerts per l'Agència de Residus de Catalunya, existint també nivells diferents en funció de si es tracta de protecció de la salut humana o de protecció dels ecosistemes, i en funció també de l'ús del sòl, que també hem inclòs dins la categoria d'ús industrial (fins i tot en la zona de la colònia). En els casos no coberts per cap dels dos textos legals, els estudis de CESPÀ GTR s'han remés a la normativa holandesa com suggereixen els mateixos estudis, i que determina uns valors d'intervenció per a la neteja del sòl. Aquest ha estat el cas del molibdè, el fenol, la suma de tetraclorbenzens i la suma

de pentaclorbenzens. Per tant, al final s'ha destacat (color blau fosc) els valors que superaven els NGR considerats.

Qualitat de les aigües subterrànies (Taula 32):

- La legislació espanyola tampoc estableix valors de referència per a la concentració de contaminants a les aigües subterrànies. Per aquest motiu, els valors s'han referenciat també a la normativa holandesa per als casos del cloroform, el tricloroetilè, el tetraclorur de carboni, el percloroetilè, l'hexaclorobenzè i el bromoform. Aquesta legislació determina dos nivells: els valors objectiu de qualitat de les aigües subterrànies a llarg termini (*target value groundwater*) i els valors d'intervenció a partir dels quals la contaminació existents requereix una intervenció (*intervention values groundwater*) (Ministry for Infrastructure and the Environment, 2009).
- Aquesta normativa però, no estableix valors de cap tipus per dos dels contaminants més dispersos que s'han detectat als terrenys d'Ercros, l'hexaclorobutadià i l'hexacloroetà. Els estudis de CESPÀ GTR per tant, no els consideren de cara a determinar la qualitat dels sòls. Tanmateix, com que les concentracions d'aquests compostos són prou elevades i es troben dispersos per totes les parcel·les, s'ha buscat altres referències que permetessin valorar la seva afectació en aquest treball. Després de fer una cerca bibliogràfica i evidenciar que els diferents països que els tenen regulats estableixen valors molt dispars i no hi ha una tendència que es pugui generalitzar, s'ha considerat tres casos per a l'anàlisi: la legislació de l'estat de Florida (la més restrictiva), la legislació anglesa i la legislació de l'estat de Califòrnia per a terrenys industrials i a profunditats de més de 3 m. sota el sòl (la menys restrictiva i amb molta diferència respecte les altres). En tot cas, aquests valors són valors objectiu (valors a assolir a llarg termini) i no valors d'intervenció com determina la normativa holandesa<sup>355</sup>.

En base a aquestes consideracions, s'ha realitzat la següent descripció i classificació de les parcel·les en funció del seu grau d'afectació:

#### **Parcel·la número 1**

- Mostra una gran dispersió de la major part dels contaminants analitzats.
- La resposta a TVH és de les més altes detectades, després de la parcel·la número 4.
- Duplica les següents parcel·les (números 4 i 5) en ordre de concentració respecte a la resposta als organohalogenats lleugers. Especialment importants en tetracloroetilè i hexaclorobutadiè que mostren els majors valors de totes les parcel·les i en menor mesura en tricloroetilè.
- Junt a la parcel·la número 9 té la major resposta als organoclorats pesants (1,2-diclorobenzè; 1,2,4-triclorobenzè; 1,4-diclorobenzè; clorobenzè, que a banda de la núm. 9 no mostra cap altra parcel·la).
- Resposta significativa de cetones (acetona concretament) al mateix ordre de magnitud de la parcel·la 9 i una mica per sota de la 13, però força més baixa que la parcel·la 14.

---

<sup>355</sup> Esdat (2013). Environmental Guidelines & Standards [28.12.2013]. Recuperat des de [http://www.esdat.net/Environmental\\_Standards.aspx](http://www.esdat.net/Environmental_Standards.aspx)

- Nivell mitjà de dissolvents aromàtics, tot i que mostra el segon valor més alt en benzè després de la número 3.
- Valors per damunt dels límits legals en sòl per l'hexaclorobenzè (tot i que en menor mesura que la 2) i en aigües subterrànies per tricloroetilè, hexacloroetà i parcialment hexaclorobutadiè.
- No s'ha analitzat metalls per aquesta zona.

Valoració de l'impacte: ALT

### **Parcel·la número 2**

L'estudi d'aquesta parcel·la està complementat pels informes realitzats per Ecocat els anys 2011 i 2012 per tal d'avaluar el risc per la salut humana derivat de la contaminació del terreny. Per aquest motiu, les dades són més acotades i existeix un major nombre de paràmetres analitzats.

- Existeix menor dispersió de contaminants a la parcel·la. No hi ha resposta per organohalogenats pesants.
- Valors elevats en la resposta a organohalogenats lleugers, tot i que una tercera part respecte la parcel·la anterior. Nivells elevats de tetracloroetilè i hexaclorobutadiè i menys rellevants de tricloroetilè però per sota de la parcel·la 1.
- Valor mig per dissolvents aromàtics amb respostes per benzè i toluè limitades però considerables.
- Els valors de cetones en canvi, són més significatius concretament en acetona.

Fins aquí els resultats obtinguts mostren una afectació considerable però menys important que la de la parcel·la número 1. En canvi, el major detall obtingut en els estudis d'Ecocat permeten matisar aquesta valoració:

- Concentració en sòls d'hexaclorobenzè que supera en 200 vegades els NGR
- Suma de PCBs que superen en 50 vegades els NGR.
- Valors considerables d'HCHs, tot i que no tant elevats.
- Es detecta mercuri al sòl tot i que no supera els NGR.
- Nivells d'arsènic que superen en 8 vegades els NGR.
- Nivells de bari per damunt dels NGR.
- També es detecten per damunt dels NGR els següents compostos: tetracloroetilè, molibdè, fenol, TPH, tetraclorbenzens, pentaclorbenzens.
- En aigües subterrànies es detecta valors elevats d'hexaclorobutadiè i uns nivells de cloroform que multipliquen per un factor 20.000 els nivells d'intervenció de la normativa holandesa.

Segons l'informe d'Ecocat els contaminants es troben en els materials de rebliment que afecten a gran part de la parcel·la. En funció dels resultats obtinguts l'informe afirma «*En general se puede indicar que la tipología de afectación detectada no es compatible con el uso industrial ejercido por Inquide en este emplazamiento*».

Valoració de l'impacte: ALT

### Parcel·la número 3

- Respostes limitades a la major part de grups de contaminants, excepte els dissolvents aromàtics, especialment tetrahidrofurà i benzè. Poca diversitat de contaminants.
- No obstant això, mostra una resposta per alguns compostos organohalogenats lleugers que s'ha de considerar. Ex. tricloroetilè i tetracloroetilè. Més limitada en hexaclorobutadiè.
- Supera els NGR en sòls per hexaclorobenzè i per PCBs totals.
- Supera també els NGR en aigües subterrànies els pesticides organoclorats 4,4'-DDT i beta-HCH que multipliquen per factors de 3 i 2 respectivament els valors de referència

Valoració de l'impacte: MODERAT

### Parcel·la número 4

- Es detecten valors puntuals de molts dels paràmetres analitzats, però els valors de TVH són els més alts detectats en tot el terreny d'Ercros a Flix.
- Valors importants d'organohalogenats lleugers, a la meitat que els de la parcel·la 1. Respostes elevades d'hexaclorobutadiè i tetracloroetilè. Relativa per tricloroetilè i clorur de metilè.
- Resposta als dissolvents aromàtics significativa i similar a la parcel·la 3, tot i que no és la més elevada (parcel·la 7). Resposta més elevada de tetrahidrofurà. Presència de xilè i toluè.
- Resposta relativa en les cetones tot i que mostra un dels valor més elevats per l'acetona de tot el terreny, similar a les parcel·les número 1 i 9 i per sota la 13.
- Valors per damunt dels NGR en aigües subterrànies per cloroform, tetraclorur de carboni i percloroetilè (que superen en 4 i 5 ordres de magnitud aquests valors) i tricloroetilè. També per hexacloroetà i hexaclorobutadiè tot i que no superen els nivells de referència de la normativa més restrictiva de Califòrnia.
- No hi ha mostres de sòl.

Valoració de l'impacte: MIG

### Parcel·la número 5

- Resposta significativa de TVHs tot i que menys importants que les parcel·les número 1 i 4.
- Respostes importants en organohalogenats lleugers com 1,1-dicloroetilè, cis-1,2-dicloroetilè i trans-1,2-dicloroetilè. També en tetracloroetilè, hexaclorobutadiè i tricloroetilè que es troba per damunt de les anteriors parcel·les.
- Respostes relatives de cetones, especialment 2-hexanona i acetona.
- Concentració molt elevada de cloroform en aigües subterrànies que incrementa 4 ordres de magnitud respecte el valor de referència.
- Important concentració de tetraclorur de carboni en aigües també, que puja 5 ordres de magnitud.
- Superen els valors de referència el tricloroetilè, percloroetilè i l'hexacloroetà i hexaclorobutadiè, tot i que no superen els valors més extrems de la normativa californiana.
- No hi ha mostres de sòl.



Valoració de l'impacte: ALT

**Parcel·la número 6**

- Respostes relatives baixes de tots els grups de compostos.
- Mostra resposta per alguns dissolvents aromàtics i cetones com el toluè, el benzè o la 2-butanona.
- No obstant això, supera valors de referència en sòls per hexaclorobenzè i PCBs totals.
- Mostra la presència de la major part dels metalls analitzats, especialment plom i zenc pels què supera els valors de referència.
- Punt destacat de contaminació per mercuri de 20.000 ppm
- Poc rellevant la concentració de contaminants en aigües subterrànies.

La parcel·la en sí, comparativament amb les altres analitzades fins ara, no mostraria una afectació massa important als contaminants. Tanmateix, aquesta parcel·la mostra una contaminació per mercuri molt elevada, fet que es correspon a haver estat ocupada durant anys per les antigues instal·lacions de l'electròlisi II. Per aquest motiu, la valoració de l'impacte ha de ser més elevada que si no existís aquesta punta de mercuri.

Valoració de l'impacte: MIG

**Parcel·la número 7**

- Resposta relativa per TVHs i relativament baixa per organohalogenats lleugers, pesants i cetones. Valors puntuals de diversos contaminants, però poc importants. Només destacat per tricloroetilè, que mostra el valor més destacat després dels de la parcel·la 8 i comparable al de la parcel·la 9.
- Resposta important per dissolvents aromàtics, de fet, és la parcel·la amb valors més alts, especialment per toluè que té el valor més alt de tot el terreny.
- Tot i detectar-se la presència d'alguns metalls com el mercuri, el crom, el coure, níquel i zenc, no superen en cap cas els NGR.
- Valor important pel percloroetilè en aigües subterrànies que supera el NGR en 2 ordres de magnitud. Relatiu en hexacloroetà i hexaclorobutadiè.

Valoració de l'impacte: MODERAT

**Parcel·la número 8**

- Valors relatius de tots els grups de compostos i baix pels organohalogenats pesants. Major diversificació de contaminants.
- Resposta màxima per 1,1-dicloroetilè; cis- i trans-1,2-dicloroetilè; clorometà i clorur de vinil.
- Resposta màxima de tricloroetilè i rellevant per tetracloroetilè i hexaclorobutadiè.
- Presència de bromometà i toluè.
- Superen els valors de referència per sòls en hexaclorobenzè amb un valor màxim en tot el terreny estudiat de 24 ppm i en mercuri amb un valor el doble de l'estipulat.
- Presència de la majoria dels metalls analitzats tot i que excepte els anteriors, tots per sota els NGR.
- En aigües subterrànies destaca el valor més alt pel tricloroetilè que multiplica per 1500 el valor de referència.
- També superen però el cloroform, el tetraclorur de carboni i el percloroetilè.

Valoració de l'impacte: ALT

**Parcel·la número 9**

- Respostes relatives elevades per dissolvents aromàtics i cetones similars als de la parcel·la 1. La més elevada per organohalogenats pesants. I baixes per organohalogenats lleugers i TVHs.
- Presència de la majoria de compostos analitzats.
- Valors màxims de 1,1-dicloroetà; 4-bromofluorobenzè; cloroform; clorur de metilè; i tetraclorur de carboni.
- Respostes molt elevades de 2-butanona; acetona; toluè; benzè; cis- i trans-1,2-dicloroetilè; clorur de vinil; hexaclorobutadiè; i tetracloroetilè.
- Concentració màxima en aigües subterrànies per tetraclorur de carboni i percloroetilè que puja 8 ordres de magnitud, i importants per cloroform i tricloroetilè.
- No hi ha mostres de sòl.

Valoració de l'impacte: ALT

#### **Parcel·la número 10**

- Respostes molt baixes per tots els grups de compostos excepte per les cetones.
- Pràcticament es descarta la presència de la majoria de compostos analitzats, excepte acetona, 2-butanona, benzè, clorur de metilè, estirè, toluè, tricloroetilè i tetracloroetilè però amb uns valors molt baixos.
- No hi ha mostres de sòl ni d'aigües subterrànies.

Valoració de l'impacte: BAIX

#### **Parcel·la número 11**

- Respostes baixes per tots els grups de compostos excepte per les cetones.
- Resposta mitja en acetona, presència de benzè i clorur de metilè. Valors baixos d'hexaclorobutadiè, tot i que existents, i una mica més elevats pel tetracloroetilè. En canvi, valor relativament important de tricloroetilè.
- Valors per damunt els valors de referència en aigües subterrànies per cloroform, percloroetilè, tricloroetilè i tetraclorur de carboni, però relativament insignificants en comparació a altres parcel·les.
- Presència de metalls en sòls, entre ells el mercuri, però en concentracions que no superen els NGR.

Valoració de l'impacte: MODERAT

#### **Parcel·la número 12**

- Respostes poc significatives en tots els grups considerats excepte les cetones.
- Pràcticament no es detecten compostos, excepte acetona i toluè.
- Presència però en valors molt baixos de tetracloroetilè i tricloroetilè.
- Percloroetilè i cloroform superen els valors de referència en aigües subterrànies però de forma molt discreta.
- No hi ha mostres del sòl.

Valoració de l'impacte: BAIX

#### **Parcel·la número 13**

- Valor elevat per cetones i relatiu per dissolvents aromàtics. Baixos en els altres casos.
- Valor màxim per acetona i cloroform. Significatiu per toluè.
- Presència de tricloroetilè i tetracloroetilè però amb valors molt baixos.
- Els valors de referència per les aigües subterrànies se superen de forma significativa per cloroform, tetraclorur de carboni, percloroetilè i hexacloroetà. També per

tricloroetilè però en menor mesura i l'hexaclorobutadiè no arriba a superar el valor de referència californià.

- No hi ha mostres del sòl.

Valoració de l'impacte: MODERAT

**Parcel·la número 14**

- Valor màxim per cetones. La resta poc rellevants.
- Pocs contaminants a la parcel·la, però valor important per acetona.
- Superen els valors de referència per les aigües subterrànies per cloroform, tetraclorur de carboni i percloroetilè i en menor mesura tricloroetilè. També per hexaclorobutadiè i hexacloroetà, tot i que no superen els valors de Califòrnia.
- No hi ha mostres del sòl.

Valoració de l'impacte: MODERAT

## Annex 3

Compostos	Núm. 1	Núm.2	Núm.3	Núm.4	Núm.5	Núm.6	Núm.7	Núm.8	Núm.9	Núm.10	Núm.11	Núm.12	Núm.13	Núm.14
1,1-dicloroetilè	37,18	9,30	23,03	131,80	65,76	1,80	0,00	199,30	70,20	0,00	12,80	0,00	1,80	0,00
1,1-dicloropropilè	0,00	0,00	9,39	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	3,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2,3-triclorobenzè	38,20	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2,4-triclorobenzè	168,70	0,00	0,00	12,72	13,61	0,00	0,00	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,2,4-trimetilbenzè	7,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	13,30	0,00
1,3,5-trimetilbenzè	-	-	-	-	-	2,00	2,70	2,80	1,90	0,00	3,80	0,00	13,00	1,50
1,2-diclorobenzè	191,90	0,00	0,00	5,82	0,00	0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,1,1-tricloroetà	-	-	-	-	-	0,00	0,00	1,50	41,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,1,2-tricloroetà	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	40,90	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00
1,1-dicloroetà	-	-	-	-	-	0,00	0,00	13,60	195,90	0,00	1,80	0,00	1,50	0,00
1,2-dicloroetà	23,31	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	2,00	11,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,2-dicloropropà	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00
1,3-diclorobenzè	26,12	0,00	0,00	11,67	0,00	0,00	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80	0,00
1,4-diclorobenzè	65,46	0,00	0,00	12,41	0,00	0,00	0,00	4,00	1,10	0,00	0,00	0,00	2,90	0,00
Bromometà	-	-	-	-	-	0,00	54,00	116,10	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00
Bromobenzè	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4-bromofluorobenzè	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	543,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
n-propilbenzè	-	-	-	-	-	1,40	1,60	1,60	1,30	0,00	1,70	0,00	5,80	3,20
2-butanona	0,00	0,00	0,00	0,00	127,00	16,80	0,00	19,00	79,80	21,50	17,40	15,60	44,00	0,00
2-hexanona	0,00	0,00	0,00	774,70	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	6,80	0,00
Acetona	2.961,00	1.161,00	186,50	2.856,00	746,10	0,00	297,10	932,80	2.960,90	1.196,00	1.413,50	1.504,10	3.991,90	2.038,40
4-metil-2-pentanona	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Benzè	89,77	31,20	95,20	19,27	6,10	4,30	3,50	11,60	70,80	5,80	22,50	2,30	3,90	0,00
sec-butilbenzè	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
cis-1,2-dicloroetilè	145,00	84,22	0,00	90,83	39,42	0,00	1,90	7.285,90	797,80	0,00	34,60	0,00	0,00	0,00
Clorobenzè	62,00	0,00	10,14	142,80	0,00	0,00	0,00	0,00	23,60	0,00	0,00	0,00	3,10	0,00
Cloroetà	0,00	0,00	0,00	45,06	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	3,30	0,00	1,40	0,00
Cloroform	54,49	0,00	0,00	131,70	16,40	0,00	0,00	11,70	225,20	0,00	7,60	0,00	1.608,80	0,00
Clorometà	0,00	0,00	0,00	16,03	0,00	0,00	2,50	77,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	0,00
Clorur de metilè	27,06	13,89	44,00	69,44	10,42	3,50	14,30	6,80	73,20	33,20	23,20	23,30	14,99	4,10

Clorur de vinil	17,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	624,20	325,30	0,00	1,90	0,00	0,00	0,00
Estirè	0,00	0,00	0,00	8,42	0,00	0,00	44,30	1,30	5,10	2,90	4,30	6,00	118,00	0,00
Etilbenzè	0,00	29,96	0,00	91,27	0,00	0,00	1,50	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	28,50	0,00
Hexaclorobutadiè	26.020,00	9.067,00	564,40	15.680,00	8.134,00	0,00	0,00	1.528,00	1.210,00	1,50	430,00	0,00	8,40	0,00
m,p-xilè	14,23	107,50	0,00	318,70	0,00	1,60	2,80	2,40	3,40	0,00	3,40	1,40	56,10	0,00
Naftalè	119,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	0,00
o-xilè	5,29	33,26	0,00	33,75	0,00	1,00	1,50	1,10	1,10	0,00	2,40	0,00	35,90	0,00
Tetracloroetilè	61.270,00	24.840,00	16.690,00	34.760,00	43.490,00	13,00	25,20	12.691,50	6.847,30	279,70	4.174,20	125,00	62,50	12,10
Tetraclorur de carboni	235,20	0,00	0,00	0,00	28,48	0,00	0,00	1,80	67,00	0,00	0,00	0,00	16,60	0,00
Tetrahidrofurà	131,40	598,60	653,30	1.296,00	35,16	-	-	-	-	-	-	-	87,89	-
Toluè	68,26	183,10	61,82	372,00	19,37	11,70	940,20	155,20	133,20	42,40	59,30	101,50	289,20	4,40
4-isopropiltoluè	-	-	-	-	-	0,00	0,00	32,20	1,30	0,00	0,00	0,00	63,40	0,00
trans-1,2-dicloroetilè	96,06	32,63	8,70	38,63	28,68	1,70	6,70	2.147,00	460,20	1,00	78,90	0,00	1,40	0,00
Tricloroetilè	2.142,00	1.481,00	2.630,00	652,40	3.219,00	7,60	3.614,00	6.782,70	3.555,70	16,50	1.264,80	28,60	131,70	4,10
Triclorofluorometà	8,15	12,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00

Grups de compostos:

Organohalog. lleugers	90.075,00	30.150,00	16.862,24	43.474,00	52.565,00	20,40	3.707,70	19.436,40	11.759,20	313,10	5.588,10	139,50	1.763,50	20,30
Organohalog. pesants	558,00	0,00	10,14	172,00	13,61	2,00	2,70	12,70	561,30	0,00	5,30	0,00	26,30	1,50
Dissolvents aromàtics	289,00	385,00	665,06	591,00	19,37	16,00	989,70	158,00	294,00	46,70	65,90	109,60	294,10	10,40
Cetones	2.961,00	1.161,00	186,50	774,70	127,00	16,80	297,10	932,80	2.960,90	1.212,00	1.429,50	1.507,80	3.991,90	14.301,00
TVH	1.469.000,00	104.600,00	32.030,00	1.962.000,00	306.300,00	310,00	50.073,00	25.210,00	13.969,00	2.440,00	8.634,00	1.972,00	12.172,00	18.475,00

En vermell, valors destacables dins la parcel·la  
 Anàlisi per tecnologia PETREX (ng)

Taula 30 Valors màxims de resposta a determinats contaminants per parcel·les

Compostos	Núm. 1	Núm. 2	Núm.3	Núm.4	Núm.5	Núm.6	Núm.7	Núm.8	Núm.9	Núm.10	Núm.11	Núm.12	Núm.13	Núm.14	Valors límit		
															RD9/2005	NGR-ARC	VIH
Hexaclorobenzè	18,00	200,00	1,30	-	-	1,70	0,01	24,00	-	-	0,14	-	-	-	1,00		
Hexaclorobutadiè	1,60	-	0,10	-	-	0,15	0,00	0,27	-	-	0,05	-	-	-	10,00		
Suma PCB	0,17	40,00	1,30	-	-	1,70	0,00	0,25	-	-	0,14	-	-	-	0,80		
Suma HCH	0,28	9,10	1,20	-	-	0,01	0,00	0,00	-	-	0,00	-	-	-		3,00	
Mercuri	-	4,90	-	-	-	20.000,00	4,00	67,00	-	-	5,50	-	-	-		30,00	
Arsènic	-	240,00	-	-	-	16,00	0,00	13,00	-	-	0,00	-	-	-		30,00	
Cadmi	-	-	-	-	-	1,80	0,00	3,30	-	-	0,00	-	-	-		55,00	
Crom	-	-	-	-	-	37,00	17,00	20,00	-	-	62,00	-	-	-		1000/20	
Coure	-	-	-	-	-	470,00	6,80	40,00	-	-	74,00	-	-	-		1.000,00	
Níquel	-	-	-	-	-	30,00	13,00	16,00	-	-	60,00	-	-	-		1.000,00	
Plom	-	-	-	-	-	1.700,00	0,00	270,00	-	-	12,00	-	-	-		540,00	
Zenc	-	-	-	-	-	1.200,00	29,00	110,00	-	-	20,00	-	-	-		1.000,00	
Suma DDX	0,23	26,00	120,00	-	-	1,30	0,00	1,30	-	-	0,09	-	-	-		150,00	
Bari	-	1.600,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000,00		
Tetracloroetilè	-	21,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,00		
Molibdè	-	710,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			190,00
Fenol	-	29,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			14,00
TPH	-	1.800,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,00		
Tetraclorbenzens	-	9,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			2,20
Pentaclorbenzens	-	210,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			6,70
Tetracloroetilè	-	21,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,00		

Parcel·la número 2, basada en els resultats de l'estudi d'avaluació del risc per la salut humana.

Taula 31 Valors de contaminants en mostres directes de sòl (mg/kg o ppm)

Compostos	Núm. 1	Núm. 2	Núm.3	Núm.4	Núm.5	Núm.6	Núm.7	Núm.8	Núm.9	Núm.11	Núm.12	Núm.13	Núm.14	Valors límit			
														Holanda	Florida	UK	Califòrnia
Cloroform	1.058,00	118.252,00	154,00	131.683,00	91.858,00	198,00	0,00	135,00	11.386,00	89,00	20,00	3.171,00	2.271,00	6			
Tetraclorur de carboni	1.870,00	2.771,00	421,00	5.875,00	5.072,00	0,00	0,00	112,00	35.209,00	16,00	0,00	1.733,00	1.961,00	0,01			
Tricloroetilè	948,00	297,00	935,00	222,00	166,00	6,00	8,00	36.081,00	4.732,00	241,00	6,00	297,00	93,00	24			
Percloroetilè	3.445,00	2.542,00	87,00	4.269,00	284,00	10,00	9,00	1.220,00	103.594,00	42,00	19,00	6.285,00	989,00	0,01			
Hexacloroetà	3.316,00	2.275,00	16,00	1.539,00	71,00	0,00	12,00	20,00	635,00	0,00	12,00	3.744,00	160,00		2,50	40	1.700
Hexaclorobutadiè	1.714,00	1.615,00	171,00	1.456,00	205,00	8,00	8,00	14,00	283,00	9,00	8,00	2.095,00	54,00		0,40	7,30	4.600

No hi ha valors de la parcel·la número 10.

Taula 32 Concentració en aigües subterrànies (mg/kg o ppm)





## Metodologia de càlcul del cost d'una major cura de la salut de la població

### Descripció de la metodologia

Per poder obtenir un valor numèric que puguem prendre com a orientació del què hagués pogut suposar l'existència d'una afectació real de les emissions de l'activitat productiva sobre la població<sup>356</sup>, utilitzarem la metodologia EAF (*Environmentally Attributable Fraction*). En funció de les dades disponibles i de la possibilitat d'establir correlacions entre efectes sanitaris i els seus costos probables, podem obtenir un valor indicatiu de la despesa extra que ha pogut suposar una malaltia per a un sistema sanitari determinat. S'ha de considerar però, que el caràcter conservador de l'aplicació de la metodologia que s'ha fet en aquesta tesi (seguint, de fet, l'exemple dels casos de referència que s'han pogut consultar i que estan referenciats a l'annex) fa que el valor obtingut sigui només una aproximació parcial respecte el cost real, que és difícilment quantificable.

Dos factors són clau per poder-la aplicar: conèixer la proporció de la malaltia atribuïble al factor ambiental (la pròpia EAF) i disposar d'una aproximació del cost que suposa cada nou cas de la malaltia. Ambdós combinats en una simple fórmula de quatre factors, que incorpora a més la incidència/prevalença de la malaltia i la població en risc, proporcionen la informació sobre el cost afegit que el factor ambiental pot comportar sobre una població en un període determinat:

$$\text{Costs} = \text{Disease rate} \times \text{EAF} \times \text{Population size} \times \text{Cost per case}$$

On *Disease rate* correspon al grau d'aparició de la malaltia o efecte analitzat, calculat bé sigui a través de la seva incidència o la prevalença segons el cas estudiat; *Population size* és el subconjunt de la població analitzada sobre la què recau el factor de risc a l'inici del període considerat; i *Cost per case*, és el valor econòmic atribuïble a les despeses generades per l'aparició d'un nou cas de la malaltia o l'efecte sobre la salut entre la població estudiada (Landrigan *et al.*, 2002). L'EAF, per la seva banda, fou definida per Smith *et al.* (1999) com el percentatge en una categoria determinada d'efectes adversos que podien ser eliminats si els factors de risc ambiental eren reduïts als nivells més baixos possible, és a dir, la fracció de la malaltia atribuïble a l'exposició ambiental o risc ambiental (Smith *et al.*, 1999). Per altra banda, de tots els factors d'exposició considerats només s'ha tingut en compte per al càlcul aquells en

<sup>356</sup> Hipòtesi sobre la qual, com s'ha comentat prèviament, no existeix consens entre comunitat científica i administració pública.

què hi havia major consens de l'impacte que podien produir, així com dades disponibles. Així doncs, com s'ha comentat ja en el text, el càlcul s'ha limitat a:

- L'increment en la incidència de càncer de tiroides entre els treballadors de la fàbrica com a conseqüència de l'exposició a HCB.
- L'increment de les taxes de prematuritat per una major acumulació de 4,4'-DDE en sang de cordó.
- L'alteració de la funció cognitiva dels infants per una major exposició i acumulació al cos de mercuri orgànic (metilmercuri).

Aquesta metodologia ha estat àmpliament discutida i utilitzada arreu del món per avaluar entre d'altres, els costos sanitaris de les malalties d'origen laboral (Fahs *et al.*, 1989; Leigh *et al.*, 2000) o la càrrega econòmica de l'exposició ambiental a determinats contaminants com el plom o el mercuri, especialment sobre la població infantil americana (Landrigan *et al.*, 2002; Trasande *et al.*, 2005). La metodologia també ha estat assumida per la WHO (World Health Organization) que utilitza el concepte de *Disease burden* o càrrega de la malaltia. La fracció atribuïble al factor ambiental o factor de risc és definit com la proporció dels problemes de salut i morts d'una comunitat que fa que l'excés del nombre de problemes de salut o morts disminueixi. En base a això, la WHO ha dedicat molts esforços a determinar la contribució ambiental a gran nombre de malalties en comunitats de diferents regions del món (Prüss-Üstün i Corvalán, 2006).

Per altra banda, el càlcul de l'impacte econòmic d'una malaltia és un fet també discutit des dels anys 1980s, degut a la diversitat de criteris sobre els conceptes que s'han de considerar i la manca d'informació que encara existeix per a molts d'ells. L'informe de l'IOM dels anys 1980s inclogué en el càlcul els següents paràmetres (Institute of Medicine, 1981):

- Costos de prevenció, tractament, cura, convalescència i rehabilitació
- Pèrdua d'ingressos o de guanys futurs
- Efectes adversos en la productivitat
- Altres costos relacionats directament o indirecte
- Costos atribuïbles al patiment i el dolor
- Augments generals dels costos de l'economia
- Pèrdua d'ingressos tributaris resultants de la disminució dels guanys i la productivitat
- Costos sobre el benestar, sistemes de compensació de l'atur i programes sanitaris públics

Però la dificultat i subjectivitat del càlcul de moltes d'aquestes variables ha fet que en els darrers anys a Europa la metodologia se centrés exclusivament en aquells costos més tangibles vinculats a la malaltia, deixant de banda aspectes com el cost del patiment o el dolor. D'aquesta manera, una classificació més utilitzada en els darrers anys, tot i que pugui amagar una part del cost total vinculat a la malaltia, és la que se centra en els primers quatre punts i discrimina entre els costos que són d'origen sanitari i els que no ho són (com la pèrdua de productivitat laboral per dies de baixa o mort) i entre costos directes i indirectes. Els costos sanitaris directes es defineixen com:

«les inversions en recursos en atenció primària, atenció especialitzada, hospitalitzacions, medicaments i programes de caràcter preventiu que tracten de reduir tant com sigui possible l'impacte en la salut de les persones que pateixen o podrien patir una malaltia» (Oliva, 2008).

Els costos sanitaris indirectes inclouen els costos futurs associats al consum de recursos durant els anys de vida guanyats degut a nous problemes de salut derivats del tractament o procediment aplicat al pacient (Sánchez *et al.*, 2010). Mentre que els costos no sanitaris indirectes poden definir-se com «les pèrdues potencials de producció que ocasiona una malaltia [...] els recursos que deixen de generar-se per la seva causa» i inclouen, entre d'altres, els costos associats a mortalitat prematura i morbiditat quan comporten incapacitat permanent o temporal (Oliva, 2008; CCOHTA, 1997):

- Productivitat laboral perduda pels pacients
- Productivitat laboral perduda pels assistents (generalment parella, amics i familiars)
- Productivitat domèstica perduda pels pacients (també anomenada productivitat no laboral o no remunerada)
- Productivitat domèstica perduda pels assistents
- Temps de lleure perdut pels pacients
- Temps de lleure perdut pels assistents

Per últim, els costos no sanitaris directes serien aspectes com el cost del patiment i el dolor, l'efecte econòmic sobre el benestar, els sistemes de compensació de l'atur o les pèrdues d'ingressos per reducció de la tributació, que sovint són obviats en els càlculs per la dificultat de la seva formulació.

Actualment, bona part de les dades públiques sobre assistència primària, hospitalitzacions o consultes especialitzades a Catalunya (costos sanitaris directes) es troben recollides en bases de dades que formen part del Sistema Nacional de Sanitat de l'estat espanyol i que poden consultar-se via internet de forma més o menys desagregada. En el cas de les dades sobre pèrdua de productivitat laboral (costos no sanitaris indirectes) la seva quantificació és més complicada però ha estat molt estudiada en els darrers anys. Tot i que la metodologia per al seu càlcul és encara també motiu de debat, s'accepta globalment l'equivalència entre la pèrdua de guanys per activitat laboral que deixa de percebre un pacient degut a incapacitat o mort prematura i la pèrdua de productivitat laboral que és l'objecte del càlcul (Oliva, 2008).

#### **Aplicació de l'EAF a la incidència de càncer de tiroides per exposició a HCB**

L'any 1994 Grimalt *et al.* detectaren a l'ambient de Flix una major concentració de determinats compostos organoclorats respecte a altres poblacions de referència (veure Taula 7). En el cas de l'hexaclorobenzè, la concentració detectada a l'ambient de Flix era més de 100 vegades superior al d'una estació de control de Barcelona (35 µg/m<sup>3</sup> a Flix respecte 0,3 µg/m<sup>3</sup> de l'estació de control). Considerant la hipòtesi que al municipi no hi havia cap altra font d'exposició tan important per aquest compost com la fàbrica (Grimalt, *et al.*, 1994) podia fer-se el supòsit que aquests majors nivells d'exposició ambiental provenien completament de la seva activitat. Per tant, la contribució industrial al total d'exposició a HCB que patia la població de Flix podia calcular-se com la diferència entre els nivells detectats al municipi i els nivells

observats a la població de referència, pràcticament el 100%:

$$\text{Contribució industrial a l'exposició per HCB} = (35 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3) / 35 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 99,14\%$$

La incidència de càncer de tiroïdes entre els homes de la població era més elevada de l'esperada (veure Taula 10). La raó d'incidència estandarditzada per edat era de 6,7 (rang de 1,6 a 28 i interval de confiança del 95%)<sup>357</sup>. En el període estudiat (de 1980 a 1989) s'havien detectat dos casos nous de càncer, quan el nombre de casos esperats entre la població de Flix hagués estat de 0,3:

$$\text{REI} = \text{Nombre de casos observat} / \text{Nombre de casos esperats}$$

Essent la REI de 6,7 i el nombre de casos observats igual a 2.

A l'analitzar els expedients d'aquests dos pacients es detectà que ambdós treballaven a la fàbrica. Per tant, la incidència o probabilitat acumulada (nombre de nous casos observats en un període determinat en funció de la mida de la població en risc a l'inici del període) podia considerar-se de:

$$\text{Incidència} = 2/900 = \mathbf{0,222\%}$$

Essent el nombre de casos observats en el període estudiat (1980-1989) de dos i el nombre de treballadors de la fàbrica l'any 1980 igual a 900<sup>358</sup>.

Per altra banda, per calcular el percentatge de la malaltia atribuïble a l'exposició ambiental, és a dir l'EAF, és necessari conèixer el percentatge de càncers de tiroïdes que podrien ser eliminats si l'exposició a HCB procedent de la fàbrica cessés. Essent 1,7 la diferència entre el nombre de casos observats i l'esperat i 2 el nombre d'observats, el percentatge que suposa aquesta diferència, multiplicat pel valor de la contribució de les emissions de la fàbrica al total de l'exposició ambiental a HCB del municipi (valorada prèviament en el 100%) ens donarà una EAF del 85%:

$$\text{EAF} = (2-0,3)/2 * 100\% = \mathbf{85\%}$$

On 2 és el nombre de casos observats; 0,3 el nombre de casos esperats i el 100% respon a la

<sup>357</sup> REI (SIR en anglès) = Raó d'incidència estandarditzada en relació a les taxes mitjanes de la malaltia calculades a nivell nacional per al mateix període. Quocient entre el nombre de casos observats i l'esperat. Aquest darrer es calcula en funció del nombre d'habitants de cada grup d'edats en la població de referència i les taxes d'afectació de la malaltia en cadascun d'ells en el mateix període. *The Information System of the Federal Health Monitoring* [10.02.2014]. Recuperat des de <https://www.gbe-bund.de/>.

<sup>358</sup> Tot i que no tenim una referència exacta de la distribució entre homes i dones treballadors de la fàbrica en aquesta data, Ribas-Fitó *et al.* (2003) ens aporta una aproximació. En l'estudi realitzat l'any 1994 entre la població adulta, es detectà que només un 3% de les mostres preses corresponien a dones que havien treballat a la fàbrica. Tot i que aquesta dada no correspondrà ni al nombre de treballadores de l'any 1980 ni a la seva proporció dins la fàbrica, sí és orientativa de la baixa proporció de dones treballadores a l'electroquímica dels anys 1980s. Tenint en compte a més, que les dones acostumaven a ocupar llocs més amables de la producció, generalment oficines, i tenint en compte els testimonis de l'època que corroboren aquesta baixa taxa de població femenina treballadora, usant la dada del total de treballadors de fàbrica (homes o dones) com la població en risc a l'inici del període, no generarà massa biaix i en tot cas, serà una aproximació més aviat conservadora.

concentració en aire d'HCb atribuïble a la fàbrica.

Per últim, abans d'aplicar la fórmula per al càlcul del cost de la incidència de l'exposició a HCB sobre el càncer de tiroides hem de conèixer el cost concret que suposa un nou cas de càncer d'aquest tipus en un territori de referència (que dependrà de les dades disponibles). Com s'ha vist prèviament, aquest és un camp encara en desenvolupament, tot i que disposa de diversos estudis de referència que des dels anys 1990s mostren diferents possibilitats d'aproximar-s'hi. Analtzarem dos estudis diferents abans d'adaptar part de la seva metodologia al cas de Flix. Obtindrem per tant, no un valor únic, sinó dues hipòtesis en funció de la metodologia de càlcul de cadascun d'ells.

#### 1) Supòsit 1: The Cost of Illness Handbook (1991)

L'any 1991 la U.S. Environmental Protection Agency americana inicià un projecte anomenat *The Costs of Illness Handbook* per calcular l'increment per càpita dels costos sanitaris associats a malalties vinculades a determinats contaminants ambientals. L'objectiu era proveir informació sobre els beneficis associats a la reducció del risc de desenvolupar malalties associades a l'ús de substàncies regulades com a instrument per a la prioritització de la presa de decisions en els pressupostos de sanitat. Un dels principals focus d'interès de l'estudi fou el càncer i la incidència de determinades neoplàsies entre la població. Els paràmetres analitzats inclogueren els costos sanitaris directes del seu tractament mèdic, a més d'una part dels costos sanitaris indirectes associats a les conseqüències dels tractaments mèdics aplicats als pacients. Al no disposar de fonts directes d'on obtenir aquesta darrera variable, Baker *et al.* (1989, 1991) basaren la metodologia de càlcul en analitzar la diferència entre el cost total dels tractaments dels pacients que patien càncer respecte el cost mèdic mitjà d'individus sense la malaltia (*background medical costs*). El valor resultant representava la suma de costos sanitaris directes i indirectes vinculats al càncer per als pacients amb la malaltia. D'aquesta manera, quedaven inclosos en el càlcul tots els costos mèdics produïts durant el temps en què es produïa el tractament, però en quedaven fora els costos sanitaris produïts més tard, un cop el tractament havia finalitzat (com per exemple, el cost de desenvolupar un segon càncer anys després, induït per la teràpia radiològica) (USEPA, 1991).

S'analitzaren detalladament diferents tipologies de càncer com el de pulmó, pròstata, pit, bufeta, pàncrees i ronyó entre d'altres. Per aquells casos no analitzats específicament tanmateix, com el càncer de tiroides, l'estudi calculà també el cost mitjà d'un càncer tipus, basant-se en les similituds existents en algunes de les tipologies de costos comunes a tots ells (Baker *et al.*, 1989). Es prengué com a referència dades del registre de càncers de la *Health Care Financing Administration* americana de pacients donats d'alta al registre l'any 1974. L'estudi inclogué un 5% dels casos registrats (1,6 milions de pacients) i feu el seguiment de les despeses mèdiques entre la data d'inici de l'estudi l'any 1974 i l'any 1981, incloent: dies d'hospitalització, estades d'infermeria especialitzada, costos de l'assistència a domicili, serveis mèdics i consultes externes entre d'altres. S'establiren tres fases del tractament amb uns costos particularitzats per cadascuna (Fig. 34):

Tipus de càncer (ICD9)	Núm. pacients	Costos de tractament per fase (USD\$, 1984)		
		Inicial	Manteniment per any	Terminal
Colorectal (153-154)	19.673	14.190	572	15.776
Pulmó (162)	15.381	12.916	690	15.565
Pròstata (185)	14.002	8.112	560	14.613
Mama (174)	12.486	7.606	483	15.136
Bufeta (188)	6.843	8.470	766	18.577
Leucèmia (204-208)	3.740	9.068	676	19.777
Pàncrees (157)	3.231	14.009	677	14.790
Estómac (151)	3.228	14.443	660	16.132
Cos uterí (182)	3.042	9.260	424	17.623
Ronyó (189)	1.953	12.608	670	19.302
Ovari (183)	1.605	11.055	647	18.650
Coll uterí (180)	1.448	8.979	493	16.414
Melanoma (172)	1.105	6.954	488	16.194
Costos mitjans		10.590	600	16.811

Costos basats en Baket *et al.*, 1989. No incrementals. No s'ha aplicat taxa de descompte.

Taula 33 Costos del tractament del càncer segons tipologia i fase  
USEPA (1991)

- Tractament inicial: durant els tres primers mesos després d'haver diagnosticat el cas (treball de diagnosi i tractaments proveïts durant aquest període, teràpia radiològica, cirurgia, fàrmacs antineoplàsics, etc.).
- El cost de manteniment de la salut: entre l'inici i el final del tractament (cirurgia, tractaments agressius continus amb radioteràpia o quimioteràpia, diagnòstics d'avaluació del progrés del pacient i monitorització i teràpies preventives en cas de reducció o eliminació del tumor).
- El tractament terminal: durant els darrers sis mesos abans de la mort del pacient (tractament pal·liatiu o agressiu, incloent tot l'espectre de tractaments possibles).

En base a aquesta classificació s'elaborà una taula on es reflectien els costos totals sense descomptar encara els *background medical costs* dels pacients diagnosticats (Taula 33). Per ajustar aquest paràmetre s'utilitzà l'estimació feta per Baker respecte el què podia suposar la despesa sanitària bàsica d'un individu sense la malaltia i valorada en uns 2.988 \$USD anuals, equivalents a 249 \$USD mensuals en dòlars americans de 1984 (Baker *et al.*, 1991). Aquest valor s'havia doncs de restar a cada fase del procés (Taula 34)<sup>359</sup>.

Per altra banda, s'estimà que un temps mitjà raonable de tractament d'un càncer tipus fins a la seva resolució podia ser de 5 anys, tot i l'elevada variabilitat d'aquest paràmetre segons el tipus de neoplàsia, i que la taxa de mortalitat era del 50% (la qual cosa significa que el tractament terminal s'arriba a aplicar només en un de cada dos casos). Ajustant totes aquestes dades a valors de 1996 (en base a un increment de l'IPC de 2,14), obtingueren finalment un cost per cas de 82.581,16 \$USD que ajustant-lo a euros de 2013 es convertirien en **161.420,14 €**. Aquest podia considerar-se el valor del cost mitjà (mitjana aritmètica) del tractament d'un càncer tipus

<sup>359</sup> S'haurien de restar 747 \$USD a la fase inicial, considerant els 3 mesos de tractament previ; 1.494 \$USD a la fase terminal, considerant els 6 mesos del tractament pal·liatiu; i els 249 \$USD mensuals mentre durés la fase de manteniment.

	Costos mèdics totals (USD\$, 1984)	Costos mèdics acumulatius <sup>a</sup>	Costos mèdics acumulatius (USD\$, 1996) <sup>b</sup>	Costos acumulatius de per vida <sup>c</sup>
Fase del tractament:				
Inicial (3 mesos)	10.590	9.843,00	21.064,02	21.064,02
Manteniment	600,46*	351,46*	752,12*	45.127,46**
Terminal (6 mesos)	16.811,46	15.317,46	32.779,36	16.389,68
<b>Costos totals de per vida</b>	<b>82.581,16 (USD\$, 1996)</b>			
Cost mitjà del tractament d'un càncer per 5,75 anys (\$USD, 1996)				82.581,16
Taxa de mortalitat				50%
Factor conversió a euros al 1996 (1 USD) <sup>360</sup>				1,2530
Conversió a euros				103.474,45
<b>Valors actualitzats a 2013<sup>361</sup> (€)</b>				<b>161.420,14</b>

<sup>a</sup> Ajustat per costos mèdics corrents de \$2.988 per any o \$249 per mes.

<sup>b</sup> Valors ajustats de dòlars de 1984 a 1996 usant la component d'atenció mèdica de l'IPC (1984:1996 = 2,14)

<sup>c</sup> S'assumeix una mitjana de 5 anys de tractaments de manteniment i una taxa de mortalitat del 50%

Taula 34 Costos mèdics directes per al tractament d'un càncer tipus  
Elaboració pròpia a partir de USEPA (1991)

als anys 1980s a Estats Units. Tot i que el valor obtingut no correspon a cap tipologia concreta de neoplàsia, un dels avantatges de la metodologia desenvolupada és el fet que permet ajustar les variables si es vol afinar amb les característiques pròpies d'un tipus de càncer específic. En el cas de càncer de tiroïdes, tot i que no s'han buscat dades d'hospitalització, ambulatories, atenció primària ni de despesa farmacèutica específiques de l'època, sí es disposa de la taxa de mortalitat d'aquest període i per tant, es pot ajustar el cost del tractament final. Si bé actualment aquesta neoplàsia no causa pràcticament en cap cas la mort, als anys 1980s un 1% dels pacients amb la malaltia no la superava (taxa de mortalitat de l'1%). Si actualitzem aquesta dada a la taula anterior obtindrem un nou valor per cas de 66.519,48 \$USD, que novament actualitzat a euros de 2013 donarà una estimació de **130.024,29 €** per càncer de tiroïdes durant el 5,75 anys de tractament o 22.613 € anuals suposant una distribució homogènia dels costos<sup>362</sup> (Taula 35).

## 2) Supòsit 2: Medical costs of cancer attributable to work in the Basque Country (Spain) in 2008

L'any 2013 es realitzà un estudi per calcular el què havia suposat a nivell econòmic per tot el País Basc l'increment de càncers ocupacionals de l'any 2008. Segons els autors, identificar correctament el càncer ocupacional «is a crucial task, not only to protect workers' health but also for his pocket». Si la malaltia no era considerada d'origen laboral, els treballadors percebien menors ingressos en contraprestació de la baixa i a més, el cost dels tractaments farmacèutics deixava de ser totalment gratuït pels treballadors, com en el cas de les malalties laborals. A més, molts d'aquests càncers no apareixen fins passada la jubilació, moment a partir del qual el sistema sanitari públic assumeix bona part del cost estalviant a les empreses, les

<sup>360</sup> Institut Nacional d'Estadística (2014). *Canvi mitjà mensual* [07.07.2014]. Recuperat des de <http://www.ine.es/jaxi/tabla.do>.

<sup>361</sup> Veure nota al peu 243.

<sup>362</sup> Aquesta distribució és exclusivament una aproximació per facilitar els càlculs però s'ha de tenir en compte que el cost que suposa cada fase és diferent, essent les fases inicial i final les més cares. No obstant això, per obtenir un valor comparatiu prorratejarem el cost total entre el temps que hem assignat al càlcul amb cada metodologia.

Cost mitjà del tractament d'un càncer per 5,75 anys (\$USD, 1996)	66.519,48
Taxa de mortalitat del càncer de tiroides*	1 %
Factor conversió a euros al 1996 (1 USD) <sup>363</sup>	1,2530
Conversió a euros	83.348,90
Valors actualitzats a 2013 <sup>364</sup> (€)	<b>130.024,29</b>
Cost mitjà anual (€)	<b>22.612,92</b>

\* *Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad. Instituto de Información Sanitaria. Mortalidad por causa de muerte (mitjana homes 1981-1990, Catalunya, ICD-9 193). Consulta de 26 de juny de 2014.*

Taula 35 Cost mitjà del tractament d'un càncer ajustat per mortalitat a Espanya  
Elaboració pròpia a partir de USEPA (1991)

verdaderes responsables de les exposicions que han causat la malaltia, hagin de pagar el seu cost real.

Per realitzar aquest estudi els autors utilitzaren el càlcul de costos sanitaris directes per tipologia de càncer (García *et al.*, 2013):

- Cost del tractament especialitzat: ambulatoria (consultes externes) i ingressos hospitalaris<sup>365</sup>. Dades del Sistema Sanitari Espanyol (SSE, consultable via web) sobre pacients majors de 25 anys d'ambdós sexes amb casos de càncer atribuïbles al treball tractats en hospitals de la comunitat.
- Cost del tractament primari i farmacèutic: atenció primària i comunitària i atenció farmacèutica. Com que les dades no estaven disponibles en el sistema sanitari basc, García *et al.* (2013) adjudicaren un pes a l'atenció primària i farmacèutica en relació al tractament especialitzat, utilitzant un estudi realitzat l'any 2008 pel govern català, segons l'aproximació següent (Pastor i Gispert, 2010).
  - a) Factor per atenció primària = Desp. primària/Desp. especialitzada = 0,036
  - b) Factor per desp. Farmacèutica = Desp. farmacèutica/Desp. especialitzada = 0,522

Per a cada categoria de despesa i tipus de càncer s'aplicà el percentatge de la malaltia que podia ser atribuïble al factor laboral. Aquest factor havia estat analitzat prèviament per diversos autors que aportaven diferents aproximacions a la possible contribució de l'activitat laboral en els nivells d'incidència i prevalença. De la recopilació d'estudis realitzada seleccionaren el de Nurminen i Karjalainen (2001) que aportava informació sobre la fracció atribuïble al treball desagregada per tipologia de càncer<sup>366</sup>. Combinant aquestes dades doncs, obtingueren el cost atribuïble a l'exposició laboral per cada tipologia de càncer (Taula 36) (Nurminen i Karjalainen, 2001).

<sup>363</sup> Veure nota al peu 360.

<sup>364</sup> Veure nota al peu 243.

<sup>365</sup> Conjunt mínim bàsic de dades d'altres hospitalàries (CMBD-H, altres hospitalàries amb hospitalització als hospitals públics bascos) i d'atenció ambulatoria especialitzada (CMBD-AAE, tractament de pacients (sessions, visites, contactes) en l'atenció ambulatoria especialitzada (AAE) (dies d'hospital, cirurgia i tractament especialitzat al domicili). Es considerarà només el 75% del cost d'hospitalització diari del pacient (Weighted Activity Unit o UPA en espanyol).

<sup>366</sup> L'estudi apuntava a un percentatge de contribució laboral mitjà del 8,4% per a tots els tipus de càncer.



	Casos laborals *	Tractament especialitzat		Atenció primària	Despesa farmacèutica	Total (Cost anual)
		(Ingressos)	(Ambula Tòria)			
Cavidad oral i faringe	6,45	59.316,50	698,00	2.160,52	31.207,54	93.382,56 (14.477,92)
Nas i sins nasals	6,00	28.477,20	99,90	1.028,78	14.860,09	44.465,97 (7.410,99)
Laringe	19,05	206.657,00	4.054,00	7.585,60	109.569,72	327.866,32 (17.210,83)
Bronquis i pulmó	304,00	1.780.845,10	4.313,10	64.265,70	928.282,26	2.777.706,16 (9.137,19)
Esòfag	11,05	84.704,90	566,60	3.069,77	44.341,18	132.682,45 (12.007,46)
Estòmac	54,00	441.625,30	1.165,60	15.940,47	230.251,27	688.982,64 (12.758,94)
Colon	51,00	478.411,80	3.076,00	17.333,56	250.373,66	749.195,02 (14.690,10)
Recte	16,23	141.393,90	922,90	5.123,40	74.004,74	221.444,94 (13.644,17)
Fetge i via biliar intrahepàtica	20,00	169.472,10	497,30	6.118,90	88.384,09	264.472,39 (13.223,62)
Vesícula biliar	0,16	1.268,80	5,90	45,89	662,84	1.983,43 (12.396,46)
Pàncrees	36,00	263.830,70	493,00	9.515,65	137.448,32	411.287,68 (11.424,66)
Ossos	0,23	1.950,40	8,80	70,53	1.018,78	3.048,52 (13.254,41)
Melanoma de pell	2,19	10.686,90	483,90	402,15	5.808,82	17.381,76 (7.936,88)
Pell (no melanoma)	24,00	133.689,50	5.987,30	5.028,36	72.631,94	217.337,10 (9.055,71)
Mesotelioma	84,00	564.876,30	1.415,90	20.386,52	294.471,94	881.150,66 (10.489,89)
Mama femenina	18,00	95.134,10	2.472,40	3.513,83	50.755,38	151.875,71 (8.437,54)
Coll uterí	5,00	29.523,30	1.079,10	1.101,69	15.913,25	47.617,33 (9.523,47)
Cos de l'úter (endometri)	4,00	26.377,60	131,00	954,31	13.784,47	41.247,38 (10.311,85)
Ovari	4,00	25.766,20	49,60	929,37	13.424,22	40.169,38 (10.042,35)
Pròstata	39,00	224.960,30	2.937,00	8.204,30	118.506,60	354.608,20 (9.092,52)
Ronyó (carcinoma de cèl·lules renals)	23,00	180.897,70	909,90	6.545,07	94.539,95	282.892,63 (12.299,68)
Bufeta urinària	198,00	833.378,50	407,30	30.016,29	433.568,62	1.297.370,70 (6.552,38)
Cervell	24,00	202.740,40	180,30	7.305,15	105.518,76	315.744,61 (13.156,03)
Malaltia de Hodgkin	2,00	20.512,10	228,90	746,68	10.785,32	32.273,00 (16.136,50)
Limfona no-Hodgkin	27,00	236.414,10	2.615,00	8.605,05	124.295,13	371.929,28 (13.775,16)
Leucèmia	24,00	313.210,20	2.826,70	11.377,33	164.339,19	491.753,42 (20.489,73)
<b>Total</b>	<b>1.002,36</b>	<b>6.556.120,90</b>	<b>37.625,40</b>	<b>237.374,87</b>	<b>3.428.748,08</b>	<b>10.259.869,24</b>
<b>Mitjanes aritmètiques</b>		<b>252.158,50</b>	<b>1.447,13</b>	<b>9.129,80</b>	<b>131.874,93</b>	<b>394.610,36 (11.882,17)</b>
<b>Actualització 2013</b>		<b>271.826,86</b>	<b>1.560,01</b>	<b>9.841,93</b>	<b>142.161,17</b>	<b>785.629,07 (12.808,98)</b>

\* El nombre de casos d'origen laboral és calculat aplicant les fraccions atribuïbles desenvolupades per Nurminen i Karjalainen (2001) al nombre total de casos registrats al sistema sanitari basc l'any 2008.

Taula 36 Detall de costos per tipologia de càncer, País Basc, 2008  
Elaboració pròpia a partir de García et al. (2013)

En base als càlculs doncs, el cost mitjà de tractament d'un càncer tipus l'any 2008 fou de **12.808,98 €** (actualitzat a preus de 2013).

Aques valor és sensiblement inferior a l'obtingut amb la metodologia del The Cost of Illness Handbook que recordem estava en el 22.612,92 €/any. No obstant això, s'ha de tenir en compte diferents consideracions:

- En l'estudi americà es considerà a més de la despesa sanitària directa de l'estudi basc, una part de la despesa sanitària indirecte realitzada durant el 5 anys i 9 mesos que abastava l'estudi, derivada de les conseqüències a mig i llarg termini del tractament aplicat per a la seva cura.
- L'estudi americà correspon a dades de la població de finals dels anys 1970s i principis dels 1980s. L'estudi de García *et al.* (2013) es basa en població de principis del segle XXI. Una diferència de més de quasi trenta anys.
- The Cost of Illness Handbook pren dades del sistema sanitari nordamericà, mentre que el de García *et al.* (2013) es basa en dades del sistema sanitari espanyol. Els models econòmics dels dos sistemes són significativament diferents i és esperable que hi hagi diferències significatives en el càlcul.
- La metodologia de càlcul en el cas americà es basa en analitzar els costos de les diferents fases de tractament al llarg de tot el període de vida de la malaltia. En el cas basc, es pren com a referència els costos íntegres del sistema sanitari per un any determinat, independentment de la fase de la malaltia a la què facin referència.

Tot i que seria interessant i important analitzar el biaix que aquestes diferències poden comportar sobre les dades obtingudes el seu estudi requereix una dedicació que ultrapassa els límits d'aquest treball. Això no treu que poguem utilitzar aquestes dues xifres com valors de referència per al càlcul de la incidència econòmica de l'exposició a HCB entre la població de Flix.

Així doncs, fent un resum dels valors dels diferents paràmetres analitzats prèviament tenim:

- La incidència de la malaltia entre 1980 i 1989 fou d'un 0,222% entre els treballadors de la fàbrica.
- La fracció atribuïble de la malaltia a les emissions d'HCB de la fàbrica fou del 85%.
- El cost de la malaltia es trobava entre els 12.809 € i els 22.613 € anuals (valors de 2013).
- La població en risc a principis del període considerat era de 900 persones (nombre de treballadors de fàbrica l'any 1980).

En funció d'aquestes dades el cost de la major incidència de càncer de tiroïdes a Flix entre 1980 i 1989 com a conseqüència de les emissions d'HCB de la fàbrica, considerant una durada de la malaltia de 5 anys i 9 mesos i una taxa de mortalitat de l'1% se situà entre **125.318 € i 221.235 €**:

$$\text{Cost} = 900 \text{ treballadors} * 0,222\% \text{ d'incidència en 10 anys} * 85\% \text{ atribuïble a l'HCB} * [12.809 \text{ o } 22.613] \text{€}/\text{any} \cdot \text{cas} * 5,75 \text{ anys}$$

Aquest cost però, és el què representa la major incidència de càncer durant un període de deu anys entre 1980 i 1989. Però si considerem que l'exposició a HCB dels treballadors de la fàbrica no fou exclusiva d'aquest període, el cost pot ser més elevat (Taula 37).

Període	Treballadors inici període	Supòsit a) 12.809 €/any	Supòsit b) 22.613€/any
1945-55	720	176.988,28	100.254,16
1956-65	1.060	260.566,09	147.596,40
1966-75	1.200	294.980,47	167.090,26
1976-85	1.000	245.817,06	139.241,89
1986-90*	780	191.737,31	108.608,67
<b>Total</b>		<b>1.170.089,21 €</b>	<b>662.791,38 €</b>

\* Període de 5 anys

Taula 37 Costos vinculats al càncer de tiroides a Flix (1945-1990)

Elaboració pròpia

Les emissions d'HCB estan relacionades a la producció de compostos organoclorats que foren introduïts a les instal·lacions de Flix l'any 1928 amb la fabricació de tricloroetilè i percloroetilè. Més tard, l'any 1945, haurien incrementat per l'inici de la fabricació de DDT. A finals dels anys cinquanta entrarien els PCBs, als 1960s l'ACV i els CFCs i entre 1987 i 1990 s'anaren tancant la major part d'aquestes línies de producció. Per tant, podem fer la suposició que entre els anys 1945 i 1990 es podria haver produït aquesta major incidència del càncer de tiroides, deixant prèviament un període d'exposició de vint anys (entre els anys 1920s i els 1940s) abans de desenvolupar-se la malaltia. En aquest període però (4,5 vegades el període considerat prèviament), el volum de la població en risc anà canviant a mesura que la plantilla de treballadors de fàbrica s'anà modificant. D'aquesta manera, la fàbrica passà de 720 treballadors l'any 1945 a 1.200 el 1965 per tornar a baixar fins els 748 l'any 1990. Si fem el càlcul anterior per períodes de deu anys (només es modifica el paràmetre de la població en risc) obtindríem uns costos vinculats al càncer de tiroides entre 0,66 i 1,17 milions €. Si a més, hi afegíssim els costos derivats de la pèrdua de productivitat associada a la malaltia, que no ha estat calculada (cost no sanitari indirecte) el cost encara seria més elevat.

#### Aplicació de l'EAF a la prematuritat infantil derivada de l'exposició a DDE

L'estudi de Grimalt *et al.* de 1994 mostrà també uns nivells d'exposició a 4,4'-DDE el doble dels de l'estació de control de Barcelona (veure Taula 7). Mentre els nivells d'exposició mitjans a la capital eren de l'ordre de 0,1 µg/m<sup>3</sup> al municipi de Flix assolien els 0,2 µg/m<sup>3</sup>. Segons aquestes dades i seguint el procediment anterior per a l'HCB, la contribució industrial a l'exposició de la població a aquest compost seria del 50%:

$$\text{Contribució industrial a l'exposició per 4,4'-DDE} = (0,2 \text{ µg/m}^3 - 0,1 \text{ µg/m}^3) / 0,2 \text{ µg/m}^3 = 50\%^{367}$$

<sup>367</sup> El DDE apareix a l'ambient com a producte de degradació del DDT. Aquest compost produït a Flix entre 1945 i 1971 ha estat àmpliament utilitzat en agricultura arreu del món, causant-ne una important dispersió. La contribució d'aquest factor als nivells d'exposició de Flix hem de suposar que quedarà inclòs en el 50% no considerat, després de fer-ne la comparació amb l'estació de control de Barcelona.

Els efectes d'aquesta exposició podien ser molt variats. En un estudi realitzat per Ribas-Fitó *et al.* (2002) per analitzar la concentració d'HCB, 4,4'-DDE,  $\beta$ -HCH i PCBs en parelles de mares i fills en el moment del part, es detectà que els nens nascuts a Flix entre els anys 1997 i 1999 acumulaven concentracions relativament més elevades de DDE que els de les poblacions veïnes (veure Taula 10)<sup>368</sup>. Tanmateix, analitzant la diferència entre les concentracions mostrades pels nens nascuts prematurament i els que ho feren a l'edat gestacional pertinent es descobrí una correlació estadísticament significativa amb la concentració del compost de tal manera que, aquells nens que naixien en una edat gestacional inferior a les 37 setmanes mostraven nivells tres cops superiors de concentració de 4,4'-DDE en sèrum de cordó (Taula 38).

	Prematuritat ( $\leq 37$ setmanes)	
	SI (n = 4)	No (n = 66)
HCB ( $\mu\text{g/ml}$ )	1,94	1,10**
4,4'-DDE ( $\mu\text{g/ml}$ )	2,40	0,80*
$\beta$ -HCH ( $\mu\text{g/ml}$ )	0,55	0,26
PCBs ( $\mu\text{g/ml}$ )	0,70	0,34**

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,10$

Taula 38 Mitjana geomètrica dels contaminants en sèrum de cordó segons prematuritat  
Ribas-Fitó *et al.* (2002)

Les concentracions de DDE obtingudes en nens prematurs mostraven un 67% més d'acumulació del compost en sèrum de cordó respecte els no prematurs:

$$\text{Excés de DDE vinculat a prematuritat} = (2,40 \mu\text{g/ml} - 0,80 \mu\text{g/m}^3) / 2,40 \mu\text{g/m}^3 = 66,67\%$$

Les mostres analitzades permeteren també posar en evidència la major concentració d'altres compostos organoclorats com l'HCB o els PCBs en els nens prematurs, tot i que les correlacions obtingudes no eren estadísticament tan significatives. De tots els naixements comptabilitzats a l'àrea administrativa de salut de Flix en el període estudiat (àrea que comprenia a finals dels anys 1990s una població de 12.000 persones) es pogueren prendre mostres de sèrum de cordó de 70 recent nascuts (prop del 60% de tots els naixements). El subgrup estudiat mostrà unes taxes de prematuritat del 6% aproximadament<sup>369</sup>.

Combinant ambdós factors, la contribució industrial a l'exposició al DDE (50%) i l'excés de DDE dels nens nascuts amb prematuritat (67%), podem obtenir una estimació del percentatge que pot estar suposant la contribució del 4,4'-DDE al risc de patir aquest fenomen entre les dones de la població de Flix (assimilable a l'EAF):

$$\text{EAF} = \text{Percentatge de l'exposició ambiental atribuïble a la fàbrica} \times \text{Percentatge del fenomen atribuïble al contaminant}$$

$$\text{EAF} = 50\% \times 66,67\% = \mathbf{33,33\%}$$

En relació a la despesa associada a la prematuritat, Gilbert *et al.* (2003) establiren un referent al realitzar un estudi per calcular el cost que suposava la despesa sanitària associada als

<sup>368</sup> Tot i que considerant la mitjana geomètrica dels valors obtinguts la diferència era poc representativa (0,86  $\mu\text{g/ml}$  a Flix respecte 0,81  $\mu\text{g/ml}$  a les poblacions del voltant), el rang de valors en què es movien indicava l'existència de diferències força importants (entre 0,05 i 7,11 a Flix i entre 0,05 i 3,06 a les poblacions veïnes). Més significatius eren els casos del PCB-180 i l'HCB.

<sup>369</sup> Quatre parts de 70 nens monitoritzats.

naixements prematurs de la població de Califòrnia de l'any 1996 (Taula 39). Comptabilitzaren els parts produïts entre les setmanes 25 i 38 de gestació i analitzaren els costos associats en funció de l'edat gestacional del naixement (per setmanes). Consideraren els costos neonatals (bàsicament el cost associat al tractament de la síndrome de dificultat respiratòria i el cost associat a l'ús de ventilació mecànica) i els costos del tractament matern (derivats d'un major nombre de dies d'hospitalització, de despesa hospitalària general i de les intervencions o cesàries realitzades). Com era lògic esperar, el cost de tots els paràmetres considerats disminuïa a mesura que es guanyaven setmanes de gestació abans del part (Gilbert *et al.*, 2003).

Setmana gestacional	Cost per cas (\$USD, 1996)			Diferència respecte la setmana 38
	Cost neonatal	Cost matern	Total	
25	202.700	7.500	210.200	<b>206.600</b>
26	146.600	7.800	154.400	<b>150.800</b>
27	119.600	8.100	127.700	<b>124.100</b>
28	86.200	9.500	95.700	<b>92.100</b>
29	62.600	6.900	69.500	<b>65.900</b>
30	46.400	7.200	53.600	<b>50.000</b>
31	29.800	6.200	36.000	<b>32.400</b>
32	18.900	5.200	24.100	<b>20.500</b>
33	11.000	4.500	15.500	<b>11.900</b>
34	7.200	3.800	11.000	<b>7.400</b>
35	4.200	3.400	7.600	<b>4.000</b>
36	2.600	3.100	5.700	<b>2.100</b>
37	1.700	2.700	4.400	<b>800</b>
38	1.100	2.500	3.600	<b>0</b>

Taula 39 Costos de prematuritat segons setmana gestacional  
Gilbert *et al.* (2003)

Segons l'estudi els costos a partir de la setmana 38 podien ser considerats com els costos d'un part no prematur. En total suposaven 3.600 USD\$ (1.100 USD\$ de neonatal i 2.500 USD\$ de cura materna). Per tant, podem fer el supòsit que la diferència respecte el cost d'un part en les diferents setmanes gestacionals prèvies és assimilable a la proporció del cost del tractament de la prematuritat derivada d'una major concentració del contaminant en sèrum de cordó.

Així doncs, fent un resum de les dades recollides fins ara tenim:

- Taxa de prematuritat entre 1997 i 1999: 6%
- EAF = 33,33%
- Cost per cas:
  - Si considerem els costos de la prematuritat a les 36 setmanes comparativament a les 38 setmanes, veurem que per cada cas de prematuritat aquest estudi establia un cost addicional de 2.100 USD\$ (5.700 USD\$ set-36 respecte 3.600 USD\$ set-38).

- Si considerem els costos de la prematuritat a les 35 setmanes, la diferència és de 4.000 \$USD.

Com que desconeixem el grau de prematuritat ocorregut en els casos detectats a la població de Flix, utilitzarem ambdues hipòtesis per estimar un rang de costos probables.

La població en risc, el darrer paràmetre de la fórmula, serà el nombre de naixements anuals de la població i considerarem per a l'anàlisi el període 1975-2012. Com s'ha vist prèviament, la producció de DDT s'inicià l'any 1945 i per tant, s'està prenent un marge de 30 anys des que s'introdueix la seva producció al municipi fins que suposem que podrien haver començat a aparèixer els efectes sobre la població degut a l'acumulació biològica del compost. Tot i que la seva producció finalitzà l'any 1971, els efectes de la dispersió a l'ambient del compost, així com els seus elevats valors de concentració foren evidenciats encara en l'estudi de 1994. Més tard, Bosch (2009) mostrà com els nivells es mantenen encara elevats més de deu anys després com a conseqüència entre d'altres, dels elevats nivells acumulats als sediments del riu que s'havien anat dispersant pel tram baix de la conca i al sòl del municipi com a conseqüència de les deposicions aèries històriques. La baixa capacitat de degradació del compost a l'ambient, n'intensificà la seva persistència. Per tant, posar com a data de finalització del període l'any 2012 sembla força raonable.

Nombre de naixements (1975-2012)	1.409	
Naixements prematurs (6%)	84,54	
Cost per cas (USD\$, 1996)	2.100 USD\$	4.000 USD\$
Cost total (USD\$, 1996)	177.534 USD\$	338.160 USD\$
Factor conversió a euros al 1996 (1 USD) <sup>370</sup>	1,2530	
Increment IPC fins a 2013 <sup>371</sup>	56%	
Cost total (€, 2013)	347.022,16 €	660.994,59 €
<b>Cost atribuïble emissions fàbrica (EAF = 33,33%)</b>	<b>115.662,49 €</b>	<b>220.309,50 €</b>

Taula 40 Cost atribuïble a la prematuritat a Flix per causa de l'exposició a 4,4'-DDE (1975-2012)

Les dades de naixements les obtenim d'IDESCAT<sup>372</sup>. En total tindrem 1.409 naixements en aquest període. Suposant una taxa de prematuritat constant durant tot el període (per manca de dades més ajustades) igual a l'obtinguda a l'anàlisi de les cohorts entre 1997 i 1999 obtindrem un total de 84,54 casos de prematuritat. Considerant el cost extra que comporten els naixements a les 36 setmanes (2.100 USD\$ per cas) i a les 35 setmanes (4.000 USD\$) podem suposar un increment de costos entre 115.662,49 € i 220.309,50 € (valors de 2013) després d'aplicar els factors de conversió corresponents i aplicant la fracció de la malaltia atribuïble a les emissions de la fàbrica (Taula 40).

S'ha de tenir en compte que aquesta estimació totalment orientativa, es basa en les suposicions següents:

- Es consideren equivalents les dades sanitàries (d'hospitalització i altres) d'una població americana a les d'un subconjunt de la població catalana. Els períodes de l'anàlisi en

<sup>370</sup> Veure nota al peu 360.

<sup>371</sup> Veure nota al peu 243.

<sup>372</sup> Consulta de 6 de juny de 2013.

canvi, sí poden considerar-se equivalents (1996 per la població americana, 1997 i 1999 per la població catalana).

- Suposem una taxa de prematuritat constant en el període 1975-2012 del 6%, perquè no disposem d'altres dades que permetin ajustar més el càlcul.
- L'edat gestacional del naixement pels parts prematurs també es desconeix. Tanmateix, s'ha aplicat en aquest cas una hipòtesi força conservadora.

#### **Aplicació de l'EAF a la pèrdua de funció cognitiva per exposició a metilmercuri**

Trasande *et al.* (2005) aplicaren la metodologia de l'*Environmentally Attributable Fraction* al càlcul de l'impacte econòmic de la toxicitat del metilmercuri en el desenvolupament cerebral dels infants. Diferents estudis realitzats a les Illes Faroe, les Seychelles i Nova Zelanda en poblacions que mostraven índexs molt elevats de contaminació pel compost orgànic, havien evidenciat la seva neuroxotoxicitat fetal en baixes concentracions. El fet de no disposar encara de la barrera cranial totalment desenvolupada semblava ser la causa d'un major nivell d'absorció cerebral intrauterina. Les dades analitzades i comparades dels tres casos d'estudi de referència assentaren les bases per a l'anàlisi de Trasande (Trasande *et al.*, 2005).

La USEPA havia establert un valor límit de concentració de mercuri de 58 µg/l en sang de cordó com a límit a partir del qual es detectaven efectes sobre la salut<sup>373</sup>. No obstant això, a les Illes Faroe i Nova Zelanda els efectes aparents foren trobats a partir d'1 ppm de mercuri en cabell (equivalent a 5,8 µg/l en sang de cordó). Tot i que la *National Academy of Science* no havia trobat evidències de l'existència d'un llindar real de concentració de mercuri per sota del qual no es detectessin impactes sanitaris, aquest fou el límit pres per Trasande *et al.* (2005) per determinar el nivell més baix a partir del qual podien produir-se efectes sobre el neurocomportament infantil en els primers anys de vida. En el cas de Flix i Menorca, les concentracions detectades per l'estudi de Montouri *et al.* (2006) encara eren més baixes, però la manca d'evidències declarades per la NAS no permetien descartar la possibilitat d'efectes adversos en la població infantil i l'estudi prosseguí.

Les cohorts de nens nascuts a Flix i les rodalies i Menorca a finals dels 1990s foren monitoritzats pel metall pesat als 4 anys de vida (concentració de mercuri total i metilmercuri en cabell). Montouri *et al.* (2006) publicaren els resultats obtinguts comparant els valors de les dues cohorts estudiades i discriminant segons si els nens eren originaris de Flix o pertanyien a famílies dels pobles de les rodalies en un radi fins a 15 km del municipi. Els nens del municipi mostraven els nivells del compost més elevats en ambdós casos. En el cas del mercuri orgànic, la cohort de referència mostrava només un 45% de la concentració trobada a Flix, mentre que la concentració total del metall a Menorca era un 57% respecte la detectada al municipi riberenc. Les mitjanes comarcals s'acostaven als valors del municipi però comparativament, les poblacions dels voltants mostraven valors inferiors a aquestes mitjanes. El cas del metilmercuri era més evident. Les poblacions en un radi de 15 km. mostraven només un 50% dels valors del compost acumulat en el cabell dels nens de Flix. En valors absoluts, els nens del municipi

<sup>373</sup> En cap cas però, la USEPA considerava que per sota d'aquest llindar no es poguessin trobar efectes adversos sobre la salut infantil.

mostraven unes concentracions mitjanes de mercuri en cabell de 1,259 µg/g i de 0,821 µg/g pel metilmercuri (veure Taula 12).

Com que era conegut que el compost es transmet majoritàriament als infants per exposició intrauterina o a través de la lactància materna i que segons la UNEP, en un informe publicat l'any 2002, entre les fonts principals d'exposició de la població general al mercuri la ingesta de peix és particularment important (PNUMA, 2002), Montouri *et al.* (2006) intentaren també discriminar quina part de la concentració del metall en les mostres infantils eren conseqüència d'aquest hàbit de consum al municipi. Per fer-ho compararen els nivells d'acumulació del metall a Flix i Menorca amb les pautes alimentàries d'ambdues poblacions. La població de Flix (especialment les dones en edat gestacional), i en conjunt de la Ribera d'Ebre, mostrava uns índex de consum de peix més baixos que els de la població de Menorca mentre que disposava dels nivells de bioacumulació del metall més importants. Per tant, quedava demostrat que l'increment de les concentracions de mercuri entre la població de Flix no podia ser atribuït a la dieta, sinó que havia de ser atribuït a l'altra font d'exposició important del municipi, la fàbrica (Montouri, *et al.*, 2006).

Considerant per tant els valors de la població menorquina com els valors basals de concentració de mercuri d'una població tipus, i obviant les diferències en els hàbits de consum que ens podrien fer considerar valors de base més baixos degut al major consum de peix insular, podem considerar la hipòtesi que la diferència entre els valors d'exposició ambiental d'ambdues poblacions (Flix i Menorca) és la contribució de les emissions de la fàbrica a un increment del risc de majors alteracions en el neurodesenvolupament de la població infantil del municipi:

Contribució de les emissions de la fàbrica a l'exposició a **metilmercuri** =

$$(0,821 \mu\text{g/g} - 0,370 \mu\text{g/g}) / 0,821 \mu\text{g/g} = 54,93\% \approx \mathbf{55\%}$$

Contribució de les emissions de la fàbrica a l'exposició a **mercuri total** =

$$(1,259 \mu\text{g/g} - 0,720 \mu\text{g/g}) / 1,259 \mu\text{g/g} = 42,81\% \approx \mathbf{43\%}$$

En relació als efectes sanitaris del mercuri, ja s'ha comentat que la seva bioacumulació té un efecte sobre el neurodesenvolupament dels infants, paràmetre que tradicionalment s'ha avaluat en base a l'escala IQ (*Intelligent Coefficient*). Aquesta escala de desenvolupament infantil avalua les capacitats cognitives i neurocomportamentals dels nens durant els primers anys de vida. Per tant, trobar la relació entre concentració de mercuri i pèrdua de punts IQ és la base per al càlcul del cost econòmic que aquesta contaminació pot comportar. Sovint però, els valors per realitzar aquest càlcul parteixen de la concentració de mercuri en les mares, bé sigui en sang o en cabell (dades de les què no disposem). En el cas de les concentracions en cabell no obstant, és coneguda l'existència d'una relació de proporcionalitat força evident amb l'acumulació en el cabell dels seus fills, dada que sí tenim disponible i que ens permetrà fer una aproximació.

Kim *et al.* (2008) analitzaren aquest vincle i establiren una relació lineal entre ambdues concentracions (Kim *et al.*, 2008) (Fig. 34). Les dades provenien d'un estudi realitzat pel govern coreà entre els anys 2005 i 2006 en àrees rurals i urbanes. Usant aquesta relació de



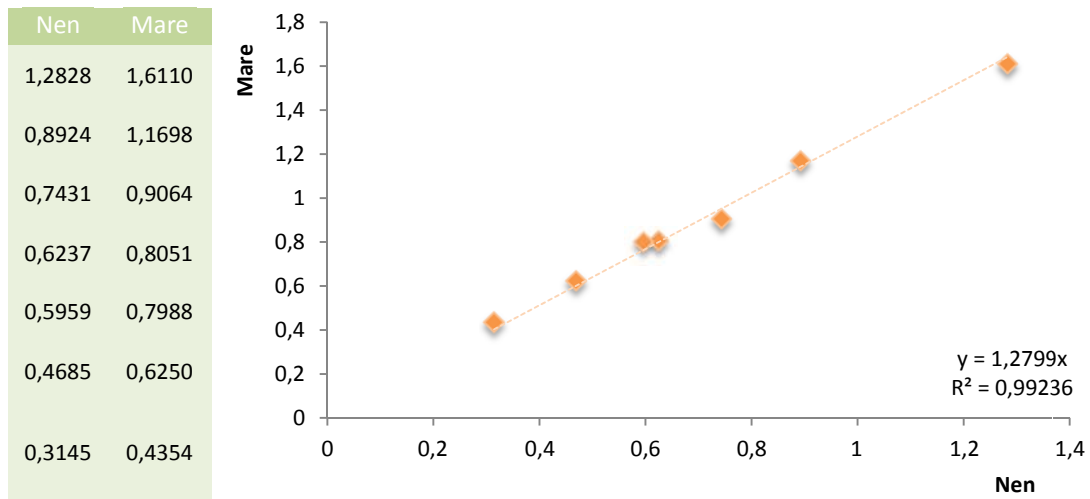


Fig. 34 Relació de concentració de mercuri en cabell de mares i fills (µg/g)  
Elaboració pròpia a partir de Kim et al. (2008)

proporcionalitat, la concentració mitjana de mercuri en cabell de les mares dels nens analitzats a Flix seria de:

$$[\text{Hg}]_{\text{cabell mares}} = 1,279 \times 1,259 \mu\text{g/g} = \mathbf{1,611 \mu\text{g/g}}$$

Per altra banda, Trasande *et al.* (2005) analitzaren les correlacions que s'establien entre les concentracions de mercuri en mares i fills i la pèrdua de punts IQ per trobar algun tipus de factor de proporcionalitat. Analitzant els tres casos de referència (Illes Faroe, les Seychelles i Nova Zelanda) per a concentracions superiors a 3,5 µg/l (per damunt del cas de Flix o Menorca) s'establí una correlació entre concentració de mercuri en mares i pèrdua de capacitats intel·lectuals dels seus fills (dins un rang de pèrdua de punts IQ entre 0,85 i 2,4) a diferents edats (entre 6 i 9 anys segons el cas). En termes generals, consideraren que duplicar la concentració del metall en sang materna comportava una disminució de 1,5 punts IQ en els nens al voltant dels 7 anys de vida (Trasande *et al.*, 2005).

Axelrad *et al.* (2007) per la seva banda intentaren anar una mica més enllà i provaren d'establir a partir del tractament de les dades dels tres casos de Trasande, un valor determinat de punts IQ perduts per ppm de mercuri extra acumulat per la mare. Després d'ajustar les dades a les característiques de cada estudi i realitzar un desenvolupament estadístic força complex, obtingueren que per cada ppm de mercuri en cabell de la mare, el nen podia perdre 0,18 punts IQ i s'establí una relació lineal entre concentració de mercuri i pèrdua de punts IQ. D'aquesta manera responien a la impossibilitat de la USEPA i la NAS d'establir un límit inferior per sota del qual no es podien detectar efectes adversos (Axelrad *et al.*, 2007).

Segons aquestes estimacions, la concentració de mercuri aproximada per a les mares de la població de Flix suposaria una pèrdua de punts IQ en els seus infants de:

$$\text{Pèrdua IQ infant} = 1,611 \mu\text{g/g} \times (-0,18) \text{ punts IQ} = \mathbf{(-0,29) \text{ punts IQ}}$$

Per altra banda, el cost que podia suposar la pèrdua de punts IQ entre els individus d'una població infantil fou estimat per Schwartz entre els anys 1980s i 1990s. A partir d'un estudi

encarregat per l'Agència de Protecció Ambiental americana per determinar els costos i beneficis de reduir els nivells de plom en gasolina, els autors desenvoluparen un model d'estimació de costos per conèixer els ingressos de per vida d'un individu un cop introduït en el mercat laboral (*life time earning power*). L'estudi feia el supòsit que una major exposició a plom i per tant, una major bioacumulació del contaminant, comportava una pèrdua de coeficient d'intel·ligència (o altres efectes neurocomportamentals com un augment del dèficit d'atenció) que condicionava els assoliments escolars de l'infant (per exemple, per un menor temps d'escolarització) i en conseqüència les possibilitats d'accés al mercat laboral de l'adult, tant a nivell de capacitat de participació directa (accedir o no accedir) com de categoria laboral que podia ser assolida, factor determinant del nivell d'ingressos futurs (Schwartz *et al.*, 1985; Salkever, 1995). En aquest sentit, Schwartz (1994) estimà que el 73% dels guanys obtinguts d'aplicar mesures de reducció dels nivells d'exposició a plom entre la població infantil serien conseqüència de la pèrdua de guanys evitats de per vida entre els individus adults, la resta derivaven principalment de la reducció de les taxes de mortalitat (Schwartz, 1994).

Combinant aquests factors en un desenvolupament matemàtic publicat a l'article de 1985, Schwartz arribà a estimar el percentatge de pèrdua d'ingressos de per vida associat als punts IQ perduts (funció de la concentració de plom acumulada per l'infant), que multiplicat pel guany base d'un individu tipus de la societat americana entre els anys cinquanta i 1970s al llarg de la vida, aportava el valor d'ingressos no percebuts per punt IQ perdut (o el què era l'objectiu de l'estudi, per ppm de plom acumulat durant els primers anys de vida) (Schwartz *et al.*, 1985).

Salkever deu anys més tard actualitzà les dades a valors de 1990 i a més, introduí el factor gènere que en l'estudi de Schwartz s'havia obviat, així com el nivell educatiu o poder adquisitiu dels pares, el factor ètnic, el lloc de residència i l'edat dels enquestats. En base a aquests paràmetre recalculà el percentatge de guanys no percebuts de per vida per cada punt IQ perdut pels nens de la població americana de l'època (Salkever, 1995):

% de guanys no percebuts per punt IQ perdut (població infantil masculina) = 1,931 %

% de guanys no percebuts per punt IQ perdut (població infantil femenina) = 3,225 %

Aplicant aquestes dades al cas de Flix, és a dir, combinant la relació d'Axelrad entre la concentració de mercuri i la pèrdua de punts IQ<sup>374</sup>, amb la relació de Salkever entre els punts IQ perduts i el percentatge de guanys no percebuts de per vida, podem obtenir un percentatge de la pèrdua d'ingressos esperada entre la població adulta flixanca en funció de les concentracions de mercuri detectades en el cabell de les mares de Flix que serà igual a:

% pèrdua de guanys en nens = (-0,29) punts IQ x 1,931% = **0,560%**

% pèrdua de guanys en nenes = (-0,29) punts IQ x 3,225% = **0,935%**

Per completar l'estudi ara només caldria conèixer quina quantitat suposen els ingressos de per vida esperats per la població adulta de Flix nascuda entre els anys 1997 i 1999.

L'estudi de Schwartz es basava en dades econòmiques sobre els guanys esperats per la població americana al llarg de la vida procedents de la *National Longitudinal Surveys*. Aquesta

<sup>374</sup> Utilitzarem Axelrad i no Trasande per ser una aproximació més conservadora.

enquesta realitzada anualment per l'organisme governamental *Bureau of Labor Statistics* establia per a l'any d'estudi 1979 un valor mitjà de guanys de \$301.000 per individu sense considerar les diferències entre diferent sectors de la població. Encara que Salkever actualitzà aquestes dades per als anys 1990s i discriminà el seu valor en funció del gènere entre d'altres variables, altres estudis més recents han permès afinar més aquest indicador. Un d'ells és el de Max *et al.* (2004) en què ens basarem per al càlcul de Flix, estudi que també fou utilitzat per Trasande *et al.* (2005).

Max *et al.* (2004) estimaren els guanys esperats per un individu segons gènere i grup d'edat (agruparen les cohorts per intervals de 5 anys) ajustant els valors en funció dels percentatges de participació de la població americana al mercat de treball i aplicaren un increment anual de la productivitat de l'1%. A més, eliminaren el biaix introduït per la mortalitat infantil i realitzaren l'anàlisi considerant dues possibles taxes de descompte del 3% i el 5%. Les dades estadístiques utilitzades (dades d'esperança de vida, d'ocupació, estadístiques econòmiques laborals, de salut, etc.) corresponents a valors de l'any 2000 donaren un resultat per la cohort d'1 a 4 anys (població nascuda entre 1996 i 1999) de guanys de per vida esperats entre 534.842 \$USD (taxa de descompte del 5%) i 1.085.807 \$USD (taxa de descompte del 3%) per la població masculina i entre 409.872\$USD (taxa de descompte del 5%) i 803.012 \$USD (taxa del 3%) per la població femenina (Max *et al.*, 2004).

Si apliquem el percentatge de guanys de per vida no percebuts a Flix com a conseqüència de l'exposició ambiental als guanys esperats al llarg de la vida per la població en funció del gènere i aplicant les dues taxes de descompte anteriors obtindrem el cost suposat d'aquesta exposició pels individus de les cohorts nascudes entre 1997 i 1999:

A) Cost de l'exposició a mercuri per nens nascuts entre 1997 i 1999 :

- Per una taxa de descompte del 3% =  $1.085.807 \text{ \$USD} \times 0,560\% = 6.081,48 \text{ \$USD}$
- Per una taxa de descompte del 5% =  $534.842 \text{ \$USD} \times 0,560\% = 2.995,59 \text{ \$USD}$

B) Cost de l'exposició a mercuri per nenes nascudes entre 1997 i 1999:

- Per una taxa de descompte del 3% =  $803.012 \text{ \$USD} \times 0,935\% = 7.511,49 \text{ \$USD}$
- Per una taxa de descompte del 5% =  $409.872 \text{ \$USD} \times 0,935\% = 3.834,00 \text{ \$USD}$

Actualitzant aquests valors a dades de 2013 obtenim uns intervals de 4.048 € a 8.218 € per nen i 5.181 € a 10.151 € per nena (Taula 41).

Si considerem per altra banda, que segons dades d'IDESCAT, entre els any 1997 i 1999 nasqueren 51 nens i 36 nenes a la població de Flix, i que el 43% d'aquest cost és atribuïble a l'increment de l'exposició al mercuri com a conseqüència de les emissions de la fàbrica, tindrem el cost total que ha suposat l'activitat industrial per aquesta cohort amb dades actualitzades a 2013 i que correspon a uns intervals de 88.388 € a 179.449 € pels nens de la cohort i 79.854 € a 156.447 € per les nenes (Taula 42). Tanmateix, els efectes del mercuri sobre la població infantil no són exclusius d'aquesta cohort.

	Nens		Nenes	
	3%	5%	3%	5%
Taxa de descompte				
Cost per infant nascut a Flix entre 1997 i 1999 (\$USD, 2000)	6.081,48	2.995,59	7.511,49	3.834,00
Factor conversió a euros al 2000 (1 USD) <sup>375</sup>	0,949			
Increment IPC fins a 2013 <sup>376</sup>	42,4%			
<b>Cost total (€, 2013)</b>	<b>8.218,36</b>	<b>4.048,17</b>	<b>10.150,85</b>	<b>5.181,18</b>

Taula 41 Cost per cas per excés de mercuri per cada nen de Flix nascut entre 1997 i 1999

	Nens		Nenes	
	3%	5%	3%	5%
Taxa de descompte				
Cost per infant (€, 2013)	8.218,36	4.048,17	10.150,85	5.181,18
Naixements a Flix entre 1997 i 1999	51		36	
Cost per al municipi (€, valors actualitats a 2013)	419.136,36	206.456,67	365.430,60	186.522,48
<b>Cost per al municipi atribuïble a la fàbrica (€)</b>	<b>179.439,63</b>	<b>88.387,72</b>	<b>156.447,25</b>	<b>79.853,55</b>

Taula 42 Cost global pels nens de Flix per exposició a mercuri d'origen industrial (1997-99)  
Elaboració pròpia

Des que s'introduí la tecnologia electrolítica Castner-Kellner l'any 1944 les emissions de mercuri a la fàbrica no han cessat. De fet, l'increment de producció ha fet que fins al 1990, any en què s'instal·là la planta de desmercurialització a les instal·lacions de Flix, no paressin d'augmentar. Si consideréssim doncs que la població ha acumulat quantitats significatives i equivalents a les de la cohort de 1997-99 i ajustem els guanys esperats de per vida en funció dels rangs d'edat (valors que ens proporciona el mateix article de Max *et al.* (2004)) i apliquem a més, el càlcul en base al nombre de naixements discriminant per gènere que tingueren lloc a Flix entre 1975 i 2012 (746 nens i 663 nenes) obtindrem els valors actualitzats a dades de 2013<sup>377</sup> de la Taula 43.

	Nens		Nenes		Total	
	TD = 3%	TD = 5%	TD = 3%	TD = 5%	TD = 3%	TD = 5%
Cost total (1997-1999)	179.440	88.388	156.447	79.854	<b>335.887</b>	<b>168.241</b>
Cost total (1975-2012)	3.163.076	1.928.522	3.382.171	2.099.222	<b>6.545.248</b>	<b>4.027.745</b>

Taula 43 Costos totals de l'afectació del metilmercuri a les cohorts infantils de Flix  
Elaboració pròpia

És a dir, que el cost de l'impacte de les emissions industrials de mercuri sobre la població infantil de Flix entre els anys 1975 i 2012, com a conseqüència de la pèrdua de guanys al llarg de la vida que pot haver suposat la pèrdua de capacitats cognitives derivada d'una major acumulació del contaminant al cos es troba entre els 4,0 i els 6,5 milions €.

<sup>375</sup> Veure nota al peu 360.<sup>376</sup> Veure nota al peu 243.<sup>377</sup> Veure nota al peu 243.

## Declaracions del grup Ercros

El 19 de gener de 2015 vaig sol·licitar al Dr. Antoni Zabalza una entrevista personal per tal de completar el treball de recerca amb l'opinió i les visions del president del grup Ercros a les qüestions plantejades durant la recerca. Adjuntava a la carta que li vaig fer arribar un guió dels temes principals que volia tractar. Tot i que l'entrevista no em fou concedida un membre del Gabinet de comunicació del grup em facilità per escrit resposta a les preguntes formulades. A continuació detallo el qüestionari que em fou entregat per correu electrònic.

### 1. CANVI TECNOLÒGIC A MEMBRANA I ESTRATÈGIA EMPRESARIAL D'ERCROS

1.1. Abans de 2018 la planta de Flix està obligada a fer el canvi de tecnologia de mercuri a tecnologia de membrana a les cel·les electrolítiques. Si no ho fa, estarà obligada a tancar definitivament les instal·lacions per a la producció de clor.

*L'11 desembre de 2017 acaba el termini legal per a la utilització de tecnologia de mercuri en els processos de fabricació de clor i sosa càustica, de manera que la producció de clor a partir d'aquesta data s'ha de fer únicament amb tecnologia MTD (millor tècnica disponible). Ercros té en producció actualment plantes d'electròlisi de mercuri a les fàbriques de Flix, Vila-seca I i Palos de la Frontera, aquesta última actualment en procés de venda.*

*La hipòtesi de treball sobre la qual s'assenten les estimacions de l'empresa és que l'activitat de producció de clor i sosa càustica es mantindrà en la seva capacitat actual fins a finals de 2017, quan les plantes que operen mitjançant cel·les de mercuri han migrar a una tecnologia MTD o cessar la seva activitat.*

*Donat l'elevat cost de la migració, aquest esforç inversor només vindria justificat si el preu de la sosa millorés sobre els nivells observats el 2014 i les vendes de clor es mantinguessin inalterades respecte de les actuals, extrems sobre els quals, en aquests moments, no es disposa de suficient visibilitat per fonamentar una decisió definitiva. Amb tot, és important assenyalar que si bé aquest és l'escenari base amb què es treballa, és de preveure que sorgeixin esdeveniments que donin lloc finalment a un escenari diferent.*

1.2. Quin cost suposaria realitzar el canvi tecnològic a Flix? Per què no és rendible a Flix o a Palos de la Frontera i sí a Sabiñánigo o Vila-seca?

*Depèn de la capacitat de producció que es necessiti instal·lar. Si es tractés de substituir tota la capacitat actual, podria arribar fins a 60 milions d'euros.*

*La fàbrica de Sabiñánigo està 100% adaptada, en tant que la fàbrica de Vila-seca I ho està en un 29%.*

*La rendibilitat de la inversió per migrar la tecnologia depèn de la cartera de productes associats al clor que es fabriquen a cada centre. En el cas de Sabiñánigo, produeix hidròxid de potassi i clor. Aquest primer producte te un marge molt més elevat que l'hidròxid sòdic que es produeix a Flix i a Palos. Pel que fa a Vila-seca I, el canvi parcial de tecnologia es va dur a terme fa més de 10 anys, en una situació econòmica molt diferent de l'actual. La conversió de la resta de la capacitat d'aquest centre està condicionada a la continuïtat de l'actual contracte subscrit amb el principal client de clor.*

1.3. Quina implicació hi té el fet de ser plantes sotmeses a fortes pressions socials degut a la història ambiental que arrosseguen?

*Pel que fa a les consideracions que es tenen en compte a l'hora de prendre una decisió d'inversió, no es mira pas al passat sinó al futur, i més concretament si el projecte en qüestió està justificat des del punt de vista industrial, econòmic i financer.*

*A Flix, més que d'una història ambiental hem de parlar d'una història industrial. Els orígens de la fàbrica daten de 1899, quan fou la primera fàbrica d'Espanya i la tercera d'Europa en introduir el gran canvi tecnològic experimentat per la indústria química tradicional en aplicar l'electricitat al procés de fabricació del clor.*

*Quan la fàbrica comença la seva activitat ni a Espanya ni a Europa existia una legislació mediambiental. Al llarg dels anys 70, comença a sorgir una consciència ambiental en els països desenvolupats. La primera directiva europea data de 1976 i la primera Llei d'Aigües, que regula mesures de depuració per abocaments industrials a Espanya, és de 1988.*

*Ercros desenvolupa la seva activitat industrial d'acord amb el marc legal vigent en cada moment. En l'actualitat, l'Autorització Ambiental Integrada, exigida en la Directiva IPPC i que atorga l'administració competent com a requisit indispensable per poder dur a terme una activitat industrial, estableix els límits màxims que poden arribar les emissions de cada fàbrica, límits que són controlats i observats per totes les fàbriques d'Ercros, per descomptat també la de Flix.*

*L'any 2000, la fàbrica de Flix va obtenir la certificació ambiental ISO 14001 i des de 2008 opera d'acord amb l'Autorització Ambiental Integrada atorgada per la Generalitat de Catalunya.*

*Al llarg de la història de la fàbrica s'han anat aturant aquelles plantes que no complien amb les exigències ambientals del moment.*

*Actualment la fàbrica té el sistema de control d'abocaments més modern del sector a Espanya. Els abocaments es controlen de forma continuada i en temps real, i es fan més de 50 anàlitiqes puntuals al dia.*

1.4. De quines ajudes ha gaudit el grup per fer el canvi tecnològic en aquests centres (Sabiñánigo i Vila-seca)? S'està negociant amb la Generalitat de Catalunya el finançament a Flix i del què queda a Vila-seca?

- *En el cas de la fàbrica de Vila-seca I, desconeixem si la inversió del canvi de tecnologia va rebre algun tipus d'ajut públic perquè es va fer abans de que Ercros l'adquirís.*

*En el cas de la fàbrica de Sabiñánigo, que es va fer entre 2008-2009, Ercros va rebre: una subvenció, a fons perdut, d'1,11 milions d'euros del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en concepte d'inversió estratègica en tecnologia neta, i una altra, de 3,35 milions d'euros, de l'IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) en el marc del programa d'inversió en estalvi i eficiència energètica. També va obtenir dos crèdits, a través de l'IDAE, per un import total de 18,42 milions d'euros, en el marc del programa de finançament de projectes d'estalvi d'energia.*

- *Abans d'entrar en els aspectes financers, la inversió cal que estigui justificada des del punt de vista industrial i econòmic. En aquest sentit, ens remetem a la resposta 1.1.*

1.5. La Junta d'Andalusia va anunciar fa uns anys que donaria finançament per fer el canvi a Palos de la Frontera. Per què no s'arribà a un acord?

*No va ser qüestió d'arribar o no a un acord, sinó de que la Junta d'Andalusia concretés la seva oferta, la qual cosa no es va produir. Hem de tenir present que aquesta proposta es va fer en el marc d'un ERO, amb l'amenaça del tancament del centre sobre la taula, just en els primers moments de la crisi.*

1.6. Quin és el futur de la fàbrica de Flix si l'electròlisi ha de parar definitivament? Es mantindrà oberta només amb l'activitat de producció de fosfat bicàlcic?

*Ercros té subscript un acord amb l'empresa Timab Ibèrica per a la fabricació de fosfat dicàlcic en règim de màquila.*

*Adicionalment, l'empresa treballa, en col·laboració amb l'administració, per atraure a noves empreses perquè s'instal·lin a dins del recinte de la fàbrica de Flix.*

## **2. PROJECTE DE DESCONTAMINACIÓ DE L'EMBASSAMENT DE FLIX**

El projecte de descontaminació de l'embassament estigué a punt per ser executat l'any 2008 però fins a 2011 no s'arribà a acords amb Acuamed i el Ministeri en base als quals cedir els terrenys on construir la planta de tractament dels fangs residuals i ampliar l'abocador del Racó de la Pubilla gestionat per l'empresa per dipositar-hi els fangs tractats.

2.1. Per què trigaren tant temps a arribar a un acord? Reclamaren contraprestacions econòmiques a canvi de cedir els terrenys per a la construcció de la planta de tractament i per ubicar els fangs a l'ampliació del Racó de la Pubilla?

*En primer lloc, Ercros no s'ha desentès mai de la contaminació que hi pugui haver en el pantà de Flix i ha col·laborat amb l'administració en tot allò que ha estat a la nostra mà.*

*El retard en la posta en marxa de les obres de sanejament en cap cas pot ser atribuïble a Ercros. La responsabilitat de les obres és únicament de l'administració, però cal entendre que un projecte d'aquesta magnitud requereix el seu temps per desenvolupar-se.*

*Ercros va cedir gratuïtament, i durant el termini necessari per la completa finalització de les obres de descontaminació del pantà, els terrenys en què es va construir la planta de tractament dels fangs extrets del pantà. També ha facilitat els serveis per el bon funcionament d'aquesta instal·lació i el pas pel recinte de la fàbrica.*

*Ercros també ha cedit l'ús de l'abocador Racó de la Pubilla a canvi de que Acuamed cedeixi a favor d'Ercros l'ús d'un nou abocador per depositar els residus que generi la fàbrica.*

2.2. Amb quin criteri s'acabà assignant la parcel·la per a la construcció de la planta de tractament dels fangs dins el recinte industrial? S'havia realitzat ja l'estudi d'avaluació del risc per la salut humana de la contaminació dels sòls de la parcel·la afectada?

*Es van posar a disposició d'Acuamed tots els terrenys que estaven disponibles en el recinte de la fàbrica i va ser Acuamed qui va escollir els que més s'adaptaven al seu projecte.*

2.3. La compra de la finca de l'Aubal per part de l'INCASOL l'any 2011 responia a la possibilitat d'ubicar-hi alguna de les instal·lacions que preveia el projecte de descontaminació de l'embassament?

*No. La venda d'aquesta finca estava emmarcada en un projecte de disposició de terreny industrial de titularitat pública per poder ubicar-hi noves activitats industrials, en el qual hi van participar l'Ajuntament de Flix, la Generalitat. Aquest va ser un dels tants intents fallits per atraure empreses que reactivessin l'economia local.*

2.4. Troben injusta la sentència de 2003 de l'Audiència Provincial de Tarragona en base a la qual els pertoca pagar el cost de la descontaminació entre les dates fixades de 1988 i 1992? Quan preveuen fer efectiu aquest pagament?

*Cal tenir en compte que cap sentència judicial ha declarat a Ercros culpable d'un delictes continuat contra el medi ambient. El 2003, la secció segona de l'Audiència Provincial de Tarragona va ratificar en una sentència l'acord entre la fiscalia de Tarragona i sis empleats de la fàbrica de Flix, objecte el 1993 d'una querrela per un presumpte delictes contra el medi ambient.*

*La sentència accepta que els acusats no van produir dany efectiu a les persones ni al medi ambient, sinó solament van crear una situació de risc. La mateixa sentència declara a l'empresa com a responsable civil subsidiària del sanejament de les riberes i fangs del riu Ebre pels abocaments realitzats exclusivament entre el 15 de setembre de 1988 i el 28 d'agost de 1993 si s'acredita que en aquest període hi ha hagut un augment significatiu de contaminants a causa dels abocaments de l'empresa.*

*El 2006, l'acte d'execució d'aquesta sentència, també de l'Audiència de Tarragona, va determinar que era impossible saber la data en què es van abocar els contaminants i que per tant no es podia executar la sentència en els seus propis termes. Per això, es va fixar una indemnització, el càlcul de la qual es determina sobre la base de la següent fórmula: el percentatge resultant de calcular el període de 1988 a 1993 sobre el total dels anys que ha estat en funcionament la fàbrica i aplicar-ho proporcionalment al cost real de les obres de sanejament.*



*Fins que no acabin totalment les obres, no s'estarà en condicions de saber l'import final que s'ha de pagar. Mentrestant, Ercros ha aprovionat en la seva comptabilitat un import de 9,96 milions d'euros per fer front a aquesta despesa.*

### **3. SÒLS CONTAMINATS D'ERKIMIA-FLIX**

El 2005 el grup Ercros inicià amb caràcter voluntari els estudis per diagnosticar el grau de contaminació dels sòls del recinte industrial on històricament han estan ubicades les instal·lacions fabrils. Tot i que el procés d'avaluació encara no està enllestit, els informes mostren una contaminació generalitzada a tot l'emplaçament amb elevats nivells de contaminants, que superen en algunes ocasions els nivells genèrics de referència (segons la recerca realitzada, més de 18 ha mostren uns nivells de contaminació significatius, de les quals més de 8 ha són considerades altament contaminades). No obstant, no s'apunta fins ara, el fet que aquests valors hagin de comportar una necessària descontaminació.

3.1. L'avaluació del risc de la contaminació dels sòls es fa segons la Llei espanyola 22/2011 de residus i sòls contaminats. Aquesta es basa en criteris de qualitat del sòl i no en el possible dany a la salut humana, que no és realment avaluat<sup>378</sup>. Davant els nivells en què són superats els paràmetres de qualitat del sòl (varis ordres de magnitud), no considera que seria socialment recomanable realitzar la valoració del risc per la salut humana des d'un punt de vista sanitari, més enllà del què es demana administrativament?

*L'avaluació del risc per contaminació de sòls es fa segons el Reial Decret 9/2005, no sobre la Llei 22/2011. No és cert que aquesta anàlisi es basi en criteris de qualitat del sòl, ans al contrari és una anàlisi de riscos respecte de la salut de les persones i el medi ambient.*

*Des de 2005, amb motiu del Reial Decret 9/2005 de sòls contaminats (RD 2005), Ercros va dur a terme a la fàbrica de Flix estudis sobre la qualitat del sòl, subsòl i aigües subterrànies, dirigits per Cespa-Ecocat i tutelats per les administracions competents*

*[Agència de Residus de Catalunya (ACR), Agència Catalana de l'Aigua (ACA) i Confederació Hidrogràfica de l'Ebre (CHE)].*

*Les tasques d'investigació de la qualitat del sòl van exigir la construcció i la posada en funcionament de més de 200 sondejos que van permetre identificar els principals focus de contaminants del sòl i subsòl de la fàbrica.*

*També es va realitzar una anàlisi de riscos de la zona que, després d'un primer estudi de tot el recinte (tecnologia Petrex), es va considerar que estava més afectada. El resultat d'aquesta anàlisi va ser de "risc acceptable per a la salut de les persones" en tota la zona excepte una part, que va ser declarada com a sòl contaminat.*

*Amb la informació obtinguda, Ercros va realitzar un pla de descontaminació d'aquesta part, que es va presentar en temps i forma, segons el que preveu el RD 2005, a l'ACR i ACA (la qual*

<sup>378</sup> *Implementation challenges and obstacles of the Environmental Liability Directive. Annex. Part A. European Commission, maig de 2013, p. 306 (el cas espanyol). Recuperat des de [http://ec.europa.eu/environment/archives/liability/eld/eldimplement/pdf/ELD\\_implementation\\_Annex\\_Part\\_A.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/liability/eld/eldimplement/pdf/ELD_implementation_Annex_Part_A.pdf)*

ho va derivar posteriorment a la CHE). Aquest pla conté les actuacions previstes i els terminis d'execució d'aquestes.

El projecte de sanejament, que garanteix la recuperació del subsòl i de les aigües subterrànies, es troba actualment en fase d'execució i les obres avancen a bon ritme.

Ercros va aprovisionar comptablement, a l'exercici 2012, un import de 3,66 milions d'euros per satisfer el cost d'aquestes actuacions, tal com consta públicament en els comptes anuals remesos per la companyia a la CNMV [Comissió Nacional del Mercat de Valors] el 19 febrer de 2013.

A finals de 2014, va entrar en funcionament una nova planta de tractament de llots, la qual cosa ha implicat un augment de la provisió de 1,19 milions d'euros per cobrir els costos de funcionament d'aquesta planta.

A la zona afectada no hi ha hagut mai activitat fabril ni els treballs de sanejament que s'efectuïn suposen cap risc per a les persones.

3.2. Què ha causat el grau de contaminació tan elevat de la parcel·la que s'està descontaminant amb un cost de 3,66 milions d'euros, i que ha obligat a actuar abans que acabessin els estudis de l'emplaçament industrial<sup>379</sup>? On està ubicada?

Tal com s'ha comentat en l'apartat 3.1 anterior, les actuacions de descontaminació de la zona afectada han començat en el moment apropiat d'acord amb la següent seqüència:

1. Estudi de la qualitat del sòl, subsòl i aigües subterrànies de la fàbrica de Flix
2. Determinació de la zona contaminada
3. Projecte de descontaminació d'aquesta zona
4. Actuació

La zona contaminada està situada al sud-oest de la fàbrica (part més oposada al riu).

3.3. Té previst l'empresa vendre els terrenys de Flix un cop finalitzi la seva activitat? En cas contrari, quin ús els donarà sabent el grau de contaminació en què es troben?

Les actuacions de restauració estan orientades a desactivar qualsevol situació de risc i per tant fer compatible la qualitat del sòl amb el seu ús industrial. El futur dels terrenys dependrà de l'evolució de la fàbrica i de l'activitat industrial que es pugui desenvolupar en el seu cas. Ara mateix no ho podem preveure.

#### **4. PASSIU AMBIENTAL DE LA FÀBRICA I FUTUR DE FLIX**

Segons els càlculs realitzats per aquesta tesi doctoral el passiu ambiental acumulat per la fàbrica i no compensat a la societat es troba entre els 400 i els 500 milions €. Aquests valors inclouen el cost de la descontaminació de l'embassament, el cost que pot suposar la descontaminació dels sòls industrials en cas que no sigui el grup qui se'n faci càrrec i el cost que pot haver suposat el tractament de la salut de la població de Flix com a conseqüència dels

<sup>379</sup> Informe anual del grup de 2013.

elevats nivells d'exposició a hexaclorobenzè, DDE i mercuri descrits a la bibliografia científica<sup>380</sup>. Aquests diners han estat estalviats per l'empresa, mentre en canvi han suposat una despesa per la població per fer-hi front.

4.1. El Principi comunitari *Qui contamina, paga* estableix que la reparació d'un impacte al medi l'ha de pagar aquell qui ha causat el dany independentment del coneixement i la voluntat de fer-ho. Considera l'empresa responsable de la generació d'aquest impacte econòmic i per tant, d'un fenomen de transferència de costos ambientals a la societat? Considera infundada l'afirmació que aquests costos haurien d'haver estat incorporats en el balanç de passius del grup?

*La problemàtica de la fàbrica de Flix és similar a la de moltes fàbriques de la mateixa antiguitat i processos industrials en els països industrialitzats. Com a conseqüència del nostre desenvolupament econòmic i industrial, i en funció de la normativa ambiental aplicable en el seu dia, al llarg del darrers dos segles els sòls i les aigües subterrànies s'han deteriorat. Aquesta és una herència, com diem, comú a tots els països industrialitzats.*

*El dret ambiental, que va néixer a la cimera d'Estocolm de Nacions Unides l'any 1972, i la normativa de la Unió Europea i dels diferents països han donat una resposta a aquesta situació en termes de restauració. En el cas de les contaminacions històriques, i no anti-jurídiques, les bases d'aquest model de restauració passen per una col·laboració entre els poders públics i l'agent contaminant.*

*Conseqüentment, i amb relació al principi de que qui contamina, paga, és necessari discriminar les contaminacions contemporànies i anti-jurídiques d'aquelles altres històriques i amb cobertura normativa.*

*Estem d'acord en el principi que regeix aquesta norma i que s'apliqui a tot aquell que no compleixi la llei. Però no que es faci amb efectes retroactius respecte de casos històrics que van tenir lloc quan ni tan sols existien lleis mediambientals.*

*No es pot jutjar amb una mentalitat actual, que té un grau d'exigència ambiental molt alt, uns fets que van tenir lloc en un marc legal i de conscienciació absolutament diferent. La responsabilitat d'una empresa en un moment determinat s'ha de mesurar en funció de si compleix o no la legislació vigent en aquest moment. I en aquest sentit, cal afirmar que Ercros sempre ha complert amb la legislació vigent.*

4.2. Contempla el grup dins la seva política ambiental el Principi de Precaució en base al qual, tot i estar dins els límits legals, si hi ha la mínima sospita que una activitat pot causar dany al medi o les persones ha d'aplicar un cert criteri de prudència i deixar de produir o substituir/millorar el procediment per evitar la materialització del risc?

*La política d'Ercros ens exigeix treballar, sempre, sota els principis de desenvolupament Sostenible, desenvolupament que satisfà les necessitats del present sense posar en perill la capacitat de les futures generacions per atendre les seves pròpies necessitats. El principi de precaució entraria dins d'aquesta mateixa definició.*

<sup>380</sup> Grimalt et al. (1994); Sala et al. (1999, 2001); Ribas-Fitó et al. (2002, 2003); Montouri et al. (2006).

*Ercros té subscrits acords voluntaris d'àmbit sectorial o de responsabilitat social corporativa pels quals en el seu funcionament s'obliga a anar més enllà d'allò que està prescrit en la legislació. Entre aquests acords, cal destacar: el programa Responsible Care, del sector químic mundial; el Global Compact, impulsat per l'ONU, etc.*

4.3. Considera justificada la demanda de la població de Flix respecte al manteniment de la fàbrica, apel·lant al vincle històric amb el municipi i a la tolerància aplicada per les administracions a determinades qüestions ambientals que haguessin pogut afectar negativament la producció o incrementar-ne els costos?

*No creiem, ni tampoc pretenem, que s'hagi d'aplicar cap tipus de tolerància en vers la fàbrica de Flix. Entenem que el deure de les administracions competents es realitzar les seves revisions i controls per assegurar-se de que l'activitat de la fàbrica estigui dins dels paràmetres legals, però en cap cas es pot afirmar que la fàbrica de Flix hagi rebut un tipus de tracte de favor per part de les administracions. De fet, en les darreres dècades, hem constatat que, en el compliment dels seus deures, a Flix les administracions molt més estrictes que en altres centres del grup.*

*Respecte a la població de Flix, el que hi ha amb la fàbrica és una convivència de més de cent anys que crea vincles de responsabilitat mútua molt forts. Aquesta unió és la que fa que Ercros estigui fent tot el possible per cercar alternatives industrials davant d'una reducció de la seva activitat.*

*És lògic que la població de Flix es refereixi a l'arrelament històric de la fàbrica per aconseguir un manteniment en el temps de l'activitat industrial. No obstant això, seria menysprear al poble de Flix indicar que s'han tolerat determinades pràctiques ambientals pel manteniment dels seus llocs de treball.*

## **5. RESPONSABILITAT SOCIAL DE LA FÀBRICA DE FLIX**

L'actitud ambiental de l'empresa ha millorat des dels anys 1980s a les instal·lacions de Flix: ha limitat les emissions de mercuri, ha adherit la fàbrica als principis del Responsible Care, ha contribuït al desenvolupament de la Reserva de Sebes i ha iniciat voluntàriament els treballs de caracterització dels sòls, entre d'altres actuacions. No obstant, hi ha aspectes de la seva responsabilitat ambiental envers la societat en els que l'empresa no ha volgut entrar encara o que ha eludit sota l'argument que els causants dels danys havien estat empreses anteriors a Ercros, i que ja no existeixen. Per citar alguns exemples:

- Estudis epidemiològics dels anys 1990s. No volgueren cedir els expedients de salut dels treballadors (L'argument de la confidencialitat s'hagués pogut superar ometent les identitats dels treballadors).
- Sentència 2003 per delictes ecològics. El grup al·legà, i continua fent-ho, que era injusta perquè no havia estat Ercros el responsable de la contaminació objecte de la sentència.
- Si hagués realitzat el canvi tecnològic a membrana als anys 1990s, no s'hagués produït l'accident del Nadal de 2001 en què el Consorci d'Aigües de Tarragona subministrà a la població de les comarques tarragonines aigua contaminada amb uns nivells de mercuri molt superiors als recomanats per l'Organització Mundial de la Salut. A més, ara no tindríem sobre la taula el futur de la fàbrica i dels llocs de treball

5.1. Considera que el grup Ercros ha pagat ja el seu deute amb la societat?
---

*Durant més de cent anys i gràcies a la seva activitat a Flix, Ercros ha creat riquesa i llocs de treball i el seus productes han contribuït a millorar la qualitat de vida de la humanitat. Aquest és el sentit i la responsabilitat de les empreses en vers la societat.*

**Estudis referenciats**

Grimalt, J., Sunyer, J., Moreno, V., Amaral, O., Sala, M., Rosell, A., et al. (1994). Risk excess of soft-tissue sarcoma and thyroid cancer in a community exposed to airborne organochlorinated compound mixtures with a high hexachlorobenzene content. *International Journal of Cancer*, 56 (2), 200-203.

Montouri, P., Jover, E., Díez, S., Ribas-Fitó, N., Sunyer, J., Triassi, M., et al. (2006). Mercury speciation in the hair of pre-school children living near a chlor-alkali plant. *Science of the total environment* (369), 51-58.

Ribas-Fitó, N., Sala, M., Cardo, E., Mazón, C., de Muga, M., Verdú, A., et al. (2002). Association of hexachlorobenzene and other organochlorine compounds with anthropometric measures at birth. *Pediatric research*, 52 (2), 163-167.

Ribas-Fitó, N., Sunyer, J., Sala, M. i Grimalt, J. (2003). Cambios en las concentraciones de compuestos organoclorados en las mujeres de Flix, Tarragona. *Gaceta Sanitaria*, 17 (4), 309-311.

Sala, M., Sunyer, J., Otero, R., Santiago-Silva, M., Camps, C. i Grimalt, J. O. (1999). Organochlorine compound concentration in the serum of inhabitants living near an electrochemical factory. *Occupational Environment Medicine* (56), 152-158.

Sala, M., Ribas-Fitó, N., Cardo, E., de Muga, M., Marco, E., Mazón, C., et al. (2001). Levels of hexachlorobenzene and other organochlorine compounds in cord blood: exposure across placenta. *Chemosphere*, 43, 895-901.



## Llistat d'acrònims

ACA	Agència Catalana de l'Aigua
ACSA	Agència Catalana de Seguretat Alimentària
ATIC	Àcid Tricloroisocianúric
AVM	Acetat de Vinil Monòmer
BOE	Boletín Oficial del Estado
CAT	Consorti d'Aigües de Tarragona
CDC	Convergència Democràtica de Catalunya
CESPA GRT	CESPA Gestió i Tractament de Residus
CFCs	Clorofluorocarbonis
CHE	Confederació Hidrogràfica de l'Ebre
CID-CSIC	Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua
CIG	Comissió d'Indústries de Guerra
CIRIT	Consell Interdepartamental d'Investigació i Innovació Tecnològica
CNT	Confederació Nacional del Treball
COPs	Compostos Orgànics Persistents
CSIC	Consell Superior d'Investigacions Científiques
DDD	Dicloro-difenil-dicloroetà
DDE	Dicloro-difenil-dicloroetilè
DDT	Dicloro-difenil-tricloroetà
DMA	Departament de Medi Ambient
DOGC	Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya
DQO	Demanda Química d'Oxigen
EDP	<i>Environmentally Degradable Polymers and plastics</i>
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme
EQF	Sociedad Electroquímica de Flix
ERO	Expedient de Regulació de l'Ocupació
ERT	Explosivos Rio Tinto
FAI	Federació Anarquista Ibèrica
FBC	Fosfat Bicàlcic
FEIQUE	Federació Empresarial de la Indústria Química Espanyola
FNCE	Fabricación Nacional de Colorantes y Explosivos
HCB	Hexaclorobenzè
HCBu	Hexaclorbutadiè
HCH	Hexaclorociclohexà
IARC	International Agency for Research on Cancer
IDESCAT	Institut d'Estadística de Catalunya
IMIM	Institut Municipal d'Investigacions Mèdiques
IPC	Índex de Preu al Consum
IVA	Impost del Valor Afegit
LIIAA	Llei d'Intervenció Integral de l'Administració Ambiental
LRA	Llei de Responsabilitat Ambiental
NAS	National Academy of Sciences
NGR	Nivell Genèric de Referència
OCEs	Octacloroestirens
OCs	Compostos organoclorats

OMS	Organització Mundial de la Salut
PAX	Policlorurs d'alumini
PCBs	Policlorobifenils
PCDDs	Dibenzodioxines policlorades
PCDFs	Dibenzofurans policlorats
PCEs	Policloroestirens
PCNs	Policloronaftalens
PER	Percloroetilè
PHAs	Hidrocarburs Aromàtics Policíclics
PNUMA	Programa de les Nacions Unides pel Medi Ambient
PROCICAT	Pla de Protecció Civil de Catalunya
PVC	Policlorur de Vinil
SIVAL	Sistema de vigilància i control dels aliments a Catalunya
TCBs	Triclorbenzens
TETRA	Tetracloroetilè
TPHs	Hidrocarburs Totals del Petroli
TRI	Tricloroetilè
TVH	Hidrocarburs Volàtils Totals
UAB	Universitat Autònoma de Barcelona
UEE	Unión Española de Explosivos
UNEP	United Nations Environment Programme
USEPA	US Environmental Protection Agency



## Índex de taules i figures

### Índex de taules

Taula 1 Classificació i nombre d'entrevistes realitzades	21
Taula 2 Produccions d'Erkimia-Flix (tones), 2008	94
Taula 3 Alteració de les funcions del riu al llarg del segle	122
Taula 4 Salaris mitjos a l'agricultura i a EQF (1900-1965)	126
Taula 5 Caracterització de contaminants en els sediments de l'embassament	152
Taula 6 Correlacions estudiades a Flix entre factors de risc ambiental i efectes sanitaris relacionats	162
Taula 7 Nivells mitjans de contaminants a l'aire de Flix i Barcelona (1989-1992)	162
Taula 8 Concentració mitjana d'organoclorats en sèrum d'individus de Flix segons variable	164
Taula 9 Incidència de càncer per tipologia i gènere a Flix (1980-1989)	165
Taula 10 Mitjana geomètrica i rang de contaminants segons residència en sang materna i de cordó	166
Taula 11 Mitjana geomètrica de compostos organoclorats en sèrum de cordó segons variables	167
Taula 12 Nivells de concentració de mercuri i metilmercuri en cabell de nens de Flix (medianes)	169
Taula 13 Funcions del riu a l'entorn de Flix a principis de segle XX	172
Taula 14 Cost dels estudis per a la determinació del risc associat als fangs de l'embassament	176
Taula 15 Costos dels treballs per a la neteja de l'embassament	177
Taula 16 Cost de la restauració de l'embassament	177
Taula 17 Tècniques de tractament de sòls contaminats i costos a l'emplaçament de Flix	180
Taula 18 Cost de l'esforç addicional de l'administració	185
Taula 19 Costos associats a l'afectació sobre la salut de l'activitat de la fàbrica	188
Taula 20 Característiques del procés de reconversió a cel·les de membrana a Flix	193
Taula 21 Inversions en millores ambientals a Flix (1990-2013)	193
Taula 22 Sumatori de passius ambientals de l'electroquímica de Flix	194
Taula 23 Despesa directa de personal d'Erkimia-Flix (1986-2013, en €)	242
Taula 24 Despeses totals de personal vinculades a la fàbrica de Flix (1986-2013), en € 2013	243
Taula 25 Classificació del grau de contaminació de les parcel·les i superfície	246
Taula 26 Profunditats considerades per al càlcul de volums de descontaminació	248
Taula 27 Volums de sòls per a la descontaminació	249
Taula 28 Costos unitaris de descontaminació dels sòls referenciats a la bibliografia	250
Taula 29 Estimació de costos de la descontaminació dels sòls	250
Taula 30 Valors màxims de resposta a determinats contaminants per parcel·les	259
Taula 31 Valors de contaminants en mostres directes de sòl (mg/kg o ppm)	260
Taula 32 Concentració en aigües subterrànies (mg/kg o ppm)	261
Taula 33 Costos del tractament del càncer segons tipologia i fase	268
Taula 34 Costos mèdics directes per al tractament d'un càncer tipus	269
Taula 35 Cost mitjà del tractament d'un càncer ajustat per mortalitat a Espanya	270
Taula 36 Detall de costos per tipologia de càncer, País Basc, 2008	271
Taula 37 Costos vinculats al càncer de tiroïdes a Flix (1945-1990)	273
Taula 38 Mitjana geomètrica dels contaminants en sèrum de cordó segons prematuritat	274
Taula 39 Costos de prematuritat segons setmana gestacional	275
Taula 40 Cost atribuïble a la prematuritat a Flix per causa de l'exposició a 4,4'-DDE (1975-2012)	276
Taula 41 Cost per cas per excés de mercuri per cada nen de Flix nascut entre 1997 i 1999	282
Taula 42 Cost global pels nens de Flix per exposició a mercuri d'origen industrial (1997-99)	282
Taula 43 Costos totals de l'afectació del metilmercuri a les cohorts infantils de Flix	282

## Índex de figures

Fig. 1 Vistes a la fàbrica i mur de palplanxes	8
Fig. 2 L'economia com a sistema reproductiu obert	46
Fig. 3 Origen de les matèries primeres a principis de segle XX	71
Fig. 4 Localització de Flix i de la fàbrica	72
Fig. 5 Ubicació de les cel·les electrolítiques dins el recinte industrial de Flix	74
Fig. 6 Capacitat productiva de clor i sosa i tecnologies implantades a Flix (1900-2014)	75
Fig. 7 Esquema de la central; foto aèria de la resclosa i central hidroelèctrica	76
Fig. 8 Estimació de l'evolució de les emissions de clor i hidrogen de la fàbrica (1900-2014)	78
Fig. 9 Estimació dels corrents residuals de mercuri (1900-2014)	80
Fig. 10 Evolució de la producció per tipus de compostos i sectors productius (1900-2020)	83
Fig. 11 Planta de la Cloratita als anys 1930s	85
Fig. 12 Vista frontal de la planta del fosfat bicàlcic	92
Fig. 13 Joan Moll i Alfredo Bardají alerten de la contaminació de Flix i el minitransvasament	105
Fig. 14 Recinte de pal-planxes per a l'extracció dels fangs contaminats	115
Fig. 15 Treballs d'extracció dels fangs	116
Fig. 16 Vistes aèries i detall de construcció de l'abocador del Racó de la Pubilla	117
Fig. 17 Recuperació lúdic-recreativa de la navegabilitat del riu	123
Fig. 18 Evolució de la població i la plantilla al llarg del segle	126
Fig. 19 Imatges de la Colònia. Barri, residència, cooperativa i habitatges	129
Fig. 20 Mobilitzacions davant els acomiadaments de 2009	138
Fig. 21 Detalls de la Reserva Natural de Sebes	147
Fig. 22 Vistes esquerre i dreta del meandre de Flix	148
Fig. 23 Planta i perfil de la muntanya de contaminants i vista aèria	151
Fig. 24 Caracterització de la contaminació de les parcel·les industrials	157
Fig. 25 Ubicació de les plantes de tractament	159
Fig. 26 Àmbit d'afectació de les emissions de la fàbrica sobre poblacions properes analitzades	161
Fig. 27 Localització de L'Aubal	181
Fig. 28 Esquema de funcionament de les cel·les Griesheim i Castner-Kellner	220
Fig. 29 Aprofitament dels fluxos residuals per a la fabricació de nous productes	224
Fig. 30 Esquemes de producció dels tints i colorants	226
Fig. 31 Obtenció de percloroetilè a partir de tricloroetilè	230
Fig. 32 Obtenció del DDT i PCBs	234
Fig. 33 Zonificació dels terrenys de la fàbrica	246
Fig. 34 Relació de concentració de mercuri en cabell de mares i fills	279

## Bibliografia

### Fonts escrites

- Aftalion, F. (2001). *A history of the International chemistry industry. From the "early days" to 2000* (2nd edition ed.). Philadelphia: Chemical Heritage Foundation.
- Allmand, A. (1912). The Billiter Alkali-Chlorine Cells. A V. E. Institution of Electrical Engineers (Ed.), *Proceedings of the sixty-fifth ordinary meeting*. Faraday Society.
- Allmand, A.J. (1913). The Billiter Alkali-Chlorine Cells. *A paper read at the Faraday Society, Tuesday, November 26*. Faraday Society.
- Almqvist, E. (2003). *History of Industrial Gases*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Almuedo, J. (2001). La primera normativa legal española sobre los efectos medioambientales de la industrialización en las ciudades. *Ería*, 56, 228-233.
- Amaral, O.C.; Otero, R.; Grimalt, J.O. i Algaiges, J. (1996). Volatile and semi-volatile organochlorine compounds in tap and riverine waters in the area of influence of a chlorinated organic solvent factory. *Water Resources*, 30 (8), 1876-1884.
- Arasa, M. (2009). El Programa Ebre: un programa de vigilància de contaminants en aigua i aliments. *ProSalut. Butlletí Periòdic dels Professionals de l'APS*, 7, 1-2.
- Axelrad, D.; Bellinger, L.; Ryan, L. i Woodruff, T. (2007). Dose-response relationship of prenatal mercury exposure and IQ: an integrative analysis of epidemiologic data. *Environmental Health Perspectives*, 115 (4), 609-615.
- Baker, M.; Kessler, L. i Smucker, R. (1989). Site-specific treatment costs for cancer: an analysis of the medicare continuous history sample file. A Scheffler, A R. i Andrews, N. *Cancer care and costs: DRGs and beyond*, 127-138. Michigan: Health Administration Press.
- Baker, M.S.; Kessler, N.; Urban, N.; Smucker, R. (1991). Estimating the treatment costs of breast and lung cancer. *Medical care*, 29 (1), 40-49.
- Barata, C.; Fabregat, M.; Cotín, J.; Huertas, D.; Solé, M.; Quirós, L. *et al.* (2010). Blood biomarkers and contaminant levels in feathers and eggs to assess environmental hazards in heron nestlings from impacted sites in Ebro basin (NE Spain). *Environmental Pollution*, 158, 704-710.
- Barata, C.; Olivares, A.; Faria, M.; Navas, J.; del Olmo, I.; Riva, M. *et al.* (2008). Eco-toxicity of sediments collected across the lower part of the Ebro river between the Ribaraja reservoir

- and the Delta. Paper presented at the Workshop *Industrial pollution in rivers. Effects on water quality, biota and agriculture*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.
- Barca, S. (2006). Health, labor and social justice. The environmental costs of Italian economic growth. Paper presented at the *Agrarian studies colloquium*. [https://www.ces.uc.pt/myces/UserFiles/livros/271\\_stefania\\_baca\\_yale.pdf](https://www.ces.uc.pt/myces/UserFiles/livros/271_stefania_baca_yale.pdf)
- Barca, S. (2007). Enclosing the River: Industrialisation and the 'Property Rights' discourse in the Liri Valley (South of Italy), 1806-1916. *Environment and History*, 13 (1), 3-23.
- Barca, S. (2009). *Breve Storia dell'Ambiente nel Novecento*. Rome: Carocci.
- Barca, S. (2011). Energy, property and the Industrial Revolution narrative. *Ecological Economics*, 70 (7), 1309-1315.
- Barca, S. (2013). Laboring the Earth: Transnational Reflections on the Environmental History of Work. *Environmental History*, 1-25.
- Barca, S. (2014). Telling the Right Story: Environmental Violence and Liberation Narratives. *Environment and History*, 20, 535-546.
- Barregard, L.; Sällsten, G. i Järholm, B. (1990). Mortality and cancer incidence in chloralkali workers exposed to inorganic mercury. *British Journal of Industrial Medicine*, 47, 99-104.
- Batalla, R. i Vericat, D. (2009). Hydrological and sediment transport dynamics of flushing flows: implications for management in large Mediterranean rivers. *River research and applications*, 25, 297-314.
- Batista, M.; Schuhmacher, M.; Domingo, J. i Corbellava, J. (1996). Mercury in hair for a child population from Tarragona Province, Spain. *The science of the total environment*, 193, 143-148.
- Beck, U. (1992). *Risk society: towards a new modernity*. London: SAGE Publications. Theory, culture and society series.
- Benejam, L.; Benito, J. i Garcia-Berthou, E. (2010). Decreases in condition and fecundity of freshwater fishes in a highly pollute reservoir. *Water, air and soil pollution*, 210, 231-242.
- Berger, P.L. i Luckmann, T. (1967). *The social construction of reality: A treatise in the sociology of knowledge*. Garden City, New York: Anchor Books.
- Bernhardt, C. i Massard-Guilbaud, G. (2002). *The Modern Demon. Pollution in urban and industrial European societies*. Clermond-Ferrand: Presses Universitaires Blaise-Pascal.
- Beyer, H. i Walter, W. (1987). *Manual de química orgánica*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.
- Bijker, W.E.; Hugues, T.P.; Pinch, T.J. (eds) (1987). *The social construction of Technological systems: new directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Bladé, A. (1971). *Gent de la Ribera d'Ebre (artesans, pagesos, rodaires)*. Barcelona: Pòrtic.
- Blum, E. (2008). *Love Canal revisited: race, class, and gender in environmental activism*. Kansas:

- University Press of Kansas.
- Bosch, C. (2009). *Contaminació per compostos orgànics persistents en el sistema fluvial del riu Ebre*. Tesis doctoral: Departament de Química analítica, Universitat de Barcelona; Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua, CSIC.
- Bosch, C.; Olivares, A.; Faria, M.; Navas, J.; del Olmo, I.; Grimalt, J. *et al.* (2009). Identification of water soluble and particle bound compounds causing sublethal toxic effects. A field study on sediments affected by a chlor-alkali industry. *Aquatic Toxicology*, 94, 16-27.
- Brüggemeier, F. (1994). A nature fit for industry: the environmental history of the Ruhr Basin, 1840-1990. *Environmental History Review*, 18 (1), 35-54.
- Brauman, K.; Gretchen, C.; Duarte, T. i Mooney, H. (2007). The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *The annual review of environment and resources*, 32, 6.1-6.32.
- Brouwer, R.; Brander, L.; Kuik, O.; Papyrakis, E. i Bateman, I. (2013). *A synthesis of approaches to assess and value ecosystem services in the EU in the context of TEEB. Final report*. University Amsterdam, Institute for Environmental Studies.
- Bucchi, M i Neresini, F. (2007). Science and public participation. A Hackett, E; Amsterdamska, O.; Lynch, M. (eds) *Handbook of Science and Technology Studies*, 449-473. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Buesa, M. (1983). Industrialización y agricultura: una nota sobre la construcción de maquinaria agrícola y la producción de fertilizantes en la política industrial española (1939-1963). *Agricultura y sociedad*, 28, 223-249.
- Bullard, R.D. (2000). *Dumping in Dixie: Race, Class and Environmental Quality*. Boulder: Westview Press.
- Burton, L. (2003). The Mersey basin: an historical assessment of water quality from an anecdotal perspective. *The science of the total environment*, 314-316, 53-66.
- Capra, F. (1985). *El punto crucial*. Barcelona: Ed. Integral.
- Caritas Parroquial de Flix. (1965). *Estudio sociográfico y planificación social de Flix*. Flix: Caritas Barcelona.
- Carpintero, O. (2014). ¿Tiene futuro la economía crítica en la universidad? Una propuesta. *Revista de Economía Crítica*, 18, 203-211.
- Carrasco, L.; Díez, S.; Soto, D.; Catalan, J. i Bayona, J. (2008). Assessment of mercury and methylmercury pollution with zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Ebro River (NE Spain) impacted by industrial hazardous dumps. *Science of the total environment*, 407, 178-184.
- Carreras, A. i Tafunell, X. (2005). *Estadísticas históricas de España. Siglos XIX-XX* (2a edición revisada y ampliada ed., Vol. 3). Bilbao: Fundación BBVA.
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. New York: Houghton Mifflin. Traducció castellana de Joan

- Domènec Ros (2010). Barcelona: Editorial Crítica.
- Casacuberta, N.; Masqué, P.; Garcia-Orellana, J.; Bruach, J.; Anguita, M.; Gasa, J. *et al.* (2009). Radioactivity contents in dicalcium phosphate and the potential radiological risk to human populations. *Journal of Hazardous Materials*, 170, 814-823.
- Casado, L. (2002). *Los vertidos en aguas continentales: régimen jurídico-administrativo*. Tesis doctoral: Departament de Dret Públic i de Ciències Historicojurídiques, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Castoldi, A.; Coccini, T.; Ceccatelli, S. i Manzo, L. (2001). Neurotoxicity and molecular effects of methylmercury. *Brain Research Bulletin*, 55 (2), 197-203.
- CCOHTA (1997). *Guidelines for economic evaluation of pharmaceutical*. Ottawa, Canadà: Canadian Coordinating Office for Health Technology Assessment.
- Pérez-Cebada, J.D. (2001). *Minería y medio ambiente en perspectiva histórica*. Huelva: Collectanea.
- Centre d'Estudis Demogràfics (2012). *Banc de dades del centre d'Estudis Demogràfics de la Universitat Autònoma de Barcelona*. <http://www.ced.uab.es/>
- Cid, N. (2010). *Ecology of the benthic macroinvertebrates in the lower Ebro River: community characterization, population dynamics and bioaccumulation of pollutants in response to environmental factors*. Tesis doctoral: Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona.
- Cid, N.; Ibáñez, C.; Palanques, A. i Prat, N. (2010). Patterns of metal bioaccumulation in two filter-feeding macroinvertebrates: exposures distribution, inter-species differences and variability across developmental stages. *Science of the Total Environment*, 408, 2795-2806.
- Cid, N.; Ibáñez, C.; Prat, N. (2008). Heavy metal bioaccumulation by filter-feeding species: *Ephoron virgo* and *Hydorpsyche* sp. in the lower Ebro river. Paper presented at the Workshop *Industrial pollution in rivers. Effects of water quality, biota and agriculture*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.
- Clavera, J. (1976). Industrialització i canvi de cojuntura en la Catalunya de la postguerra. *Revista Recerques: història, economia, cultura*, 6.
- Coase, R. (1960). The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, 3, 1-44.
- Collingridge, D. (1980). *The social control of Technology*. London: Frances Printer Ltd.
- Collins, H. (2014). *Are we all scientific experts?* Cambridge: Polity Press.
- Collins, H. i Evans, R. (2002). The 3rd Wave of Science Studies. *Social Studies of Science*, 32, 235-296.
- Collins, H. i Evans, R. (2007). *Rethinking expertise*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Commoner, B. (1971). *The Closing Circle: Nature, Man, and Technology*. New York: A Bantam Book/published by arrangement with Alfred A. Knopf.
- Commoner, B. (1975). *Making Peace with the Planet*. New York: Pantheon. Traducció castellana

- de Mireia Carol amb revisió de Joan Domènec Ros (1992). Barcelona: Editorial Crítica.
- Comunidades Europeas (2008). *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad. Informe provisional*. Banson, Cambridge: Comunidades Europeas.
- Costa, E. (2004). *Processos de sedimentació i distribució de radioactivitat natural i artificial en sistemes aquàtics continentals de Catalunya (embassament de Flix i tram català del riu Ebre, Camarasa i llacs pirinencs)*. Tesis doctoral: Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Costa, L.; Aschner, M.; Vitalone, A.; Syversen, T. i Soldin, O. (2004). Developmental neuropathology of environmental agents. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 44, 87-110.
- Costanza, R. (1989). What is Ecological Economics? *Ecological Economics*, 1, 1-7.
- Cotín, J.; Jover, L.; Sanpera, C. i Ruiz, X. (2008a). Who feeds where? Stable isotopes and trace elements in eggs of ten bird species breeding at the Ebro Delta. Paper presented at the Workshop *Industrial pollution in rivers. Effects on water quality, biota and agriculture*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.
- Cotín, J.; Tarrasón, M.; Jover, L.; Sanpera, C. i Ruiz, X. (2008b). Are the toxic sediments deposited at Flix reservoir currently affecting the Ebro river biota? Purple heron (*Ardea purpurea*) nestlings as indicators. Paper presented at the Workshop *Industrial pollution in rivers. Effects on water quality, biota and agriculture*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.
- CRIIRAD (2004). *Anàlisi dels residus que surten de la planta d'Erkimia a Flix, Catalunya (Estat Espanyol)*. Anàlisis realitzats pel laboratori de la CRIIRAD a petició del Grup de Científics i Tècnics per un Futur No Nuclear i de Televisió de Catalunya. Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité. Referència: CRIIRAD 04-45/5 octubre 2004/V1Cat.
- Cronon, W. (1992). A Place for Stories: Nature, History, and Narrative. *Journal of American History*, 78 (4), 1347-1376.
- Cronon, W. (1993). The uses of Environmental History. *Environmental History Review*, 17 (3), 1-22.
- Daly, H. (1993). Problems with free trade: neoclassical and steady-state perspectives. A Zaelke, D.; Orbuch, P. i Housman, R. *Trade and the Environment Law, Economics and Policy*, 147-157. Washington: Center for International Environmental Law.
- Daly, H. i Cobb, J. (1994). *For the common good. Redirecting the economy toward community, the environment, and a sustainable future* (2nd ed.). Boston: Beacon Press.
- Daly, H.E. i Farley, J. (2011). *Ecological Economics. Principles and Applications* (2nd edition ed.). Washington DC: Herman E. Daly i Joshua Farley.
- De la Varga, A. (2011). *El nuevo régimen jurídico de los suelos contaminados. Adaptado de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados*. Wolters Kluwer, La Ley.

- Diego, E. (1996). *Historia de la industria en España: la química*. (E. d. Industrial, Ed.) Madrid: Actas editorial.
- Dingle, A. (1982). "The monster nuisance of all": Landowners, alkali manufacturers, and air pollution 1828-64. *The Economic History Review*, 35 (4), 529-548.
- Dorman, P. (2005). Evolving knowledge and the precautionary principle. *Ecological Economics*, 53, 169-176.
- Douglas, I.; Hodgson, R. i Lawson, N. (2002). Industry, environment and health through 200 years in Manchester. *Ecological Economics*, 41, 235-255.
- Duro, J. (2010). *Informe d'economia local i regional de les Terres de l'Ebre 2010*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili, Departament d'Economia, Departament de Gestió d'Empreses, Càtedra d'Economia Local i Regional.
- Eisenhauer, B.; Krannich, R. i Blahna, D. (2000). Attachments to special places on public lands: an analysis of activities, reason for attachments, and community connections. *Society & Natural Resources*, 13, 421-441.
- Ekino, S.; Susa, M.; Ninomiya, T.; Imamura, K. i Kitamura, T. (2007). Minimata disease revisited: An update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning. *Journal of the Neurological Sciences*, 262 (1-2), 131-144.
- ELD (2009). *The environmental liability (prevention and remediation) regulations (Northern Ireland). Guidance*. Belfast: ELD Team, Department of the Environment, Planning and Natural resources division, UK Government.
- Electroquímica de Flix (1964). *Tricloroetileno, percloroetileno*. Barcelona: E.Q.F.
- Electroquímica de Flix (1965). *Historia de Electroquímica de Flix S.A. (1897-1965)*. Flix: E.Q.F.
- Eljarrat, E.; Martínez, M.; Sanz, P.; Concejero, M.; Piña, B.; Quirós, L. *et al.* (2008). Distribution and biological impact of dioxin-like compounds in risk zones along the Ebro River basin (Spain). *Chemosphere*, 71, 1156-1161.
- Ellul, J. (1954). *La Technique on l'enjeu du siècle*. Paris: Armand Colin.
- Erkimia (1997). *Centenari de "La Fàbrica". De la Sociedad Electro-química de Flix a Erkimia 1897-1997*. Barcelona: Erkimia-Grup Ercros.
- Escobar, A. (2008). *Territories of difference: place, movements, life, redes*. Durham: Duke University Press.
- European Commission (2000). *Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry*. Sevilla: Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, European IPPC Bureau.
- European Commission (2007). *Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others industry*. Sevilla: Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, European IPPC



Bureau.

- European Commission (2011). *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Chlor-alkali. Industrial Emissions Directive 2010/75/UE*. Sevilla: Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, European IPPC Bureau. Working Draft in Progress.
- European Environmental Agency (2001). *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000*. Copenhagen: European Environmental Agency, report number 22/2001.
- European Environmental Agency (2013). *Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation*. Copenhagen: European Environmental Agency, report number 1/2013.
- Evers, E.; Klamer, H., Laane, R. i Govers, H. (1993). Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofuran residues in estuarine and coastal North Sea sediments: sources and distribution. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12, 1583-1598.
- Evseeva, T.; Geras'kin, S.; Shuktomova, I. i Taskaev, A. (2005). Genotoxicity and cytotoxicity assay of water sampled from natural reservoirs with contrast level of radioactive and chemical contamination. *Radioprotection*, 40 (Suplement 1), 205-210.
- Evseeva, T.; Geras'kin, S. i Shuktomova, I. (2003). Genotoxicity and cytotoxicity assay of water sampled from a radium production industry storage cell territory by means of Alliu-test. *Journal of Environmental Radioactivity*, 68, 235-248.
- Fábregas, P. (2003). *La globalización en el siglo XIX: Málaga y el gas*. (U. d. Sevilla, Ed.) Sevilla: Ateneo de Sevilla.
- Fahs, M.; Markowitz, S.; Fisher, E.; Shapiro, J. i Landrigan, P. (1989). Health costs of occupational disease in New York State. *American Journal of Industrial Medicine*, 16 (4), 437-449.
- Falguera, S. (2002). El patrimonio minero en la cuenca potásica de Cataluña. Ejemplos de patrimonio minero a salvaguardar en las actuales instalaciones en explotación de los municipios afectados (Balsareny, Cardona, Salleny y Súria-Bages). *1r Simposio Latino sobre Minería, Metalurgia y Patrimonio Minero en el Mediterráneo Occidental*, 15, 191-198.
- Feliu, G. S. (2007). *Introducció a la història econòmica mundial*. Barcelona: Universitat de València, Universitat de Barcelona.
- Fernandez, M.; Alonso, C.; González, M. i Hernández, L. (1998). Occurrence of organochlorine insecticides, PCBs and PCB congeners in waters and sediments of the Ebro River (Spain). *Chemosphere*, 38 (1), 33-43.
- Fiorino, D. (1990). Citizen participation and environmental risk: A survey of institutional mechanisms. *Science, Technology and Human Values*, 15 (2), 226-243.
- Folch, R. (1993). *Biosfera* (1a ed., Vol. El planeta viu). (F. E. Catalana, Ed.) Barcelona: Enciclopedia Catalana.

- Fullola, J. (2011). *Miners i pagesos. L'explotació de lignits a la conca de Mequinensa. Una societat rural minera (1800-1950)*. Lleida: Edicions de la Universitat de Lleida.
- Funtowicz, S. i Ravetz, J. (2000a). *La ciencia posnormal. Ciencia con la gente*. Barcelona: Icaria editorial, s.a.
- Funtowicz, S. i Ravetz, J. (2000b). Three types of risk assessment and the emergence of post-normal science. A Krinsky, S. i Golding, D. (eds), *Social theories of risk*, 251-274. New York: Greenwood Press.
- Fuster, G. (2002). *Análisis de flujos de substancias: una herramienta aplicada a la evaluación de riesgos por dioxinas en la provincia de Tarragona*. Tesi doctoral: Facultat de Medicina i Ciències de la Salut; Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química, Universitat Rovira i Virgili.
- García, J.M.G. (2000). *La industria de explosivos en España: UEE (1896-1936)*. Fundación Empresa Pública.
- García, M.; Castañeda, R.; Urbanos, R.; López, P. i Markowitz, S. (2013). Medical costs of cancer attributable to work in the Basque Country (Spain) in 2008. *Gaceta Sanitaria*, 27 (4), 310-317.
- García-Talavera, M.; Matarranz, J.; Salas, R. i Ramos, L. (2011). A regulatory perspective on the radiological impact of NORM industries: the case of the Spanish phosphate industry. *Journal of Environmental Radioactivity*, 102, 1-7.
- Garí, M.; Bosch, C.; Grimalt, J. i Sunyer, J. (2014). Impacts of atmospheric chlor-alkali factory emissions in surrounding populations. *Environment International*, 65, 1-8.
- Generalitat de Catalunya (2010). *Estratègia per al desenvolupament sostenible de Catalunya*. Barcelona: Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.
- Gibičar, D.; Horvat, M.; Logar, M.; Fajon, V.; Falnoga, I.; Ferrar, R. et al. (2009). Human exposure to mercury in the vicinity of chlor-alkali plant. *Environmental Research*, 109, 255-367.
- Gibbons, M.; Limoges, C.; Nowotny, H.; Schwartzman, S.; Scott, P. i Trow, M. (1994) *The new production of knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London: Sage Publications Ltd.
- Gilbert, W.; Thomas, S. i Danielsen, B. (2003). The cost of prematurity: quantification by gestational age and birth weight. *Obstetrics & Gynecology*, 102 (3), 488-492.
- González-Molina, M. i Martínez-Alier, J. (1993). Historia y ecología. *Ayer*, 11, 11-18.
- Gordon, R. i Malone, P. (1994). The Texture of Industry: An Archaeological View of the Industrialization of North America. *Environmental History Review*, 18 (4), 102-104.
- Gorostiza, S. (2014). Potash extraction and historical environmental conflict in the Bages region (Spain). *Investigaciones Geográficas. Instituto Interuniversitario de Geografía*, 61, 5-16.
- Greenpeace (2008). *La industria del cloro: contaminación silenciosa. Análisis de los vertidos al agua de las plantas productoras de cloro en España*. Madrid: Greenpeace España.
- Greider, T. i Garkovich, L. (1994). Landscapes: The social construction of nature and the

- environment. *Rural sociology*, 1 (59), 1-24.
- Grimalt, J.; Palanques, A. i Masqué, P. (2004). *Els compostos orgànics persistents i altres contaminants en els sistemes aquàtics de Catalunya*. Barcelona: Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.
- Grimalt, J.; Sunyer, J.; Moreno, V.; Amaral, O.; Sala, M.; Rosell, A. *et al.* (1994). Risk excess of soft-tissue sarcoma and thyroid cancer in a community exposed to airborne organochlorinated compound mixtures with a high hexachlorobenzene content. *International Journal of Cancer*, 56 (2), 200-203.
- Hackett, E.J.; Amsterdamska, O.; Lynch, M.; Wajcman, J. eds. (2008) *The handbook of science and technology studies*. 3rd ed. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Hacking, I. (1999) *The social construction of what?* Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Hadfield, L. i Seaton, R. (1999). A co-evolutionary model of change in environmental management. *Futures*, 31, 577-592.
- Hale, A. (1938). *The applications of electrolysis in chemical industry*. Monographs on Industrial Chemistry. London: University of Toronto Chemical Library.
- Hamer, G. (1985). The impact of government legislation on industrial effluent treatment. *Conservation & Recycling*, 1-2 (8), 25-43.
- Hamlin, C. (2008). Third wave Science Studies: Toward a History and Philosophy of Expertise? A Carrier, M.; Howard, D. i Kourany, J. *The challenge of the social and the pressure of practice. Science and values revisited*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- Hay, P. (2002). *Main currents in Western Environmental Thought*. Bloomington: Indiana University Press.
- Herrero, A. (2007). *Estudio sobre la capacidad de resuspensión de las corrientes de densidad. Aplicación al caso del embalse de Flix*. Tesis doctoral: Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Hester, A. i Himmler, K. (1959). Chemicals from Acetaldehyde. *Industrial and Engineering Chemistry*, 51 (12), 1424-1430.
- Hijós, J.; Mañueco, M.; Ballesteros, G. i de Andrés, M. (2006). Contaminación del embalse de Flix. Artículo presentado al *III Congreso de Ingeniería civil, territorio y medio ambiente*, Zaragoza.
- Huertas, D. i Grimalt, J. (2008). Organochlorine compounds accumulated in toxic chloro-alkali plant waste in Flix reservoir: influence in fish downstream. Paper presented at the Workshop *Industrial pollution in rivers. Effects on water quality, biota and agriculture*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.
- Huertas, R. (1996). El debate sobre la creación del Ministerio de Sanidad en la España del primer tercio del siglo XX. Discurso ideológico e iniciativas políticas. *Asclepio*, XLV (1).

- Ibáñez, C.; Prat, N.; Duran, C.; Pardos, M.; Munné, A.; Andreu, R. *et al.* (2008). Changes in dissolved nutrients in the lower Ebro River: causes and consequences. *Limnetica*, 27, 131-142.
- Illich, I. (1973). *Tools for conviviality*. New York: Harper & Row.
- Institute of Medicine (1981). *Costs of environment-related health effects: a plan for continuing study*. Washington, DC: National Academy Press.
- Jasanoff, S. (1987). EPA's regulation of daminozide: unscrambling the messages of risk. *Science, Technology & Human Values*, 12 (3 & 4), 116-124.
- Jasanoff, S. (1990) *The Fifth Branch: Science Advisers as Policymakers*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Jasanoff, S. (2003) Technologies of humility: Citizens participation in governing science. *Minerva*, 41 (3), 223-244.
- Jasanoff, S. (2004) *States of knowledge. The coproduction of science and social order*. London: Routledge.
- Jasanoff, S.; Makle, G.E.; Petersen, J.C.; Pinch, T. (eds) (1995) *Handbook of Science and Technology Studies*. London: Sage Publications Ltd.
- Jiménez, P. (2004). El projecte mediambiental d'actuació global al meandre de Flix (Ribera d'Ebre). *SAM revista, Servei d'Assistència Municipal*, 20, 28-31.
- Kapp, W. (1950). *The social cost of private enterprise*. Cambridge: Harvard University Press. Traducció en castellà de Federico Aguilera (2006). Madrid: Los libros de la catarata.
- Karamanis, D.; Stamoulis, K.; Ioannides, K. i Patiris, D. (2008). Spatial and seasonal trends of natural radioactivity and heavy metals in river waters of Epirus, Macedonia and Thessalia. *Desalination*, 224, 250-260.
- Kim, S.; Jeon, C. i Paek, D. (2008). Hair mercury concentrations of children and mothers in Korea: Implication for exposure and evaluation. *Science of the total environment*, 402, 36-42.
- Kolay, A. (2007). *Manures and fertilisers*. New Delhi: Atlantic Publishers & Distributors.
- Krausmann, F. i Haberl, H. (2002). The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism. Socioeconomic energy flows in Austria 1830-1995. *Ecological Economics*, 41, 177-201.
- Kusova, P.; Gingrich, S. i Krausmann, F. (2008). Long term changes in social metabolism and land use in Czechoslovakia, 1830-2000: An energy transition under changing political regimes. *Ecological Economics*, 68, 394-407.
- Lacorte, S.; Raldúa, D.; Martínez, E.; Navarro, A.; Diez, S.; Bayona, J. *et al.* (2006). Pilot survey of a broad range of priority pollutants in sediment and fish from the Ebro river basin (NE Spain). *Environmental Pollution*, 140, 471-482.

- Landes, D. (1969). *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*. Cambridge, New York: Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Landrigan, P.; Schechter, C.; Lipton, J.; Fahs, M. i Schwartz, J. (2002). Environmental pollutants and disease in american children: estimates of morbidity, mortality, and costs for lead poisoning, asthma, cancer, and developmental disabilities. *Environmental Health Perspectives*, 110 (7), 721-728.
- Latour, B. i Woolgar, S. (1979) *Laboratory life. The construction of scientific facts*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Latour, B. (1987) *Science in action: how to follow scientists and engineers through society*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Leff, E. (2011). Sustentabilidad y racionalidad ambiental: hacia "otro" programa de sociología ambiental. *Revista Mexicana de Sociología*, 1 (73), 5-46.
- Leigh, J.; Markowitz, S.; Fahs, M. i Landrigan, P. (2000). *Costs of occupational injuries and illnesses*. Michigan: The University of Michigan Press.
- Lemkow, L. (2002). *Sociología ambiental. Pensamiento socioambiental y ecología social del riesgo*. Barcelona: Icaria Editorial. Col·lecció Antrazyt.
- Lourencetti, C.; Grimalt, J.; López, J.; Vericat, D. i Batalla, R. (2008a). Influence of Ebro River flow regimes on the mobilization of chlorinated POPs. Paper presented at the Workshop *Industrial pollution in rivers. Effects on water quality, biota and agriculture*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.
- Lourencetti, C.; Grimalt, J.O.; Cid, N.; Ibáñez, C. i Prat, N. (2008b). Bioassessment of industrial residues influence in aquatic system by POPs analysis in mayfly Ephoron virgo. Paper presented at the Workshop *Industrial pollution in rivers. Effects on water quality, biota and agriculture*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.
- Madariaga, F. (2003). *Las industrias de guerra de Catalunya durante la Guerra Civil*. Tesis doctoral: Departament d'Història i Geografia, Universitat Rovira i Virgili.
- Manrique, N. (2009). Estado del arte de la Economía Ecológica: Tesis centrales. (E. virtual, Ed.) *Economía Autónoma*, 3. <http://www.eumed.net/rev/ea/03/nma.htm>
- Marco, E.; Peña, J. i Santamaría, J. (1998). The chlorine release at Flix (Spain) on January 21st 1996: a case study. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 11, 153-160.
- Margulis, L. i Sagan, D. (2008). *Microcosmos. Quatre mil milions d'anys d'evolució des dels nostres ancestres microbians*. Barcelona: Col·lecció Ictini. Omnis Cellula.
- Martin, B.R.; Nightingale, P.; Yegros-Yegros, A. (2012) Science and technology studies: Exploring the knowledge base. *Research Policy*, 41 (7), 1182-1204.
- Martínez, J. (2003). *La batalla del Ebro*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Martínez-Alier, J. (1984). *L'ecologisme i l'economia: història d'unes relacions amagades*.

- Barcelona: Edicions 62.
- Martínez-Alier, J. (2005). *El ecologismo de los pobres*. Barcelona: Icaria editorial.
- Martínez-Alier, J. i Roca, J. (2013). *Economía ecológica y política ambiental* (3a edició, revisada y aumentada ed.). México: Fondo de cultura económica.
- Marx, L. (1992). Environmental degradation and the ambiguous social role of science and technology. *Journal of the History of Biology*, 25 (3), 449-468.
- Maslow, H. (1943). A theory of Human Motivation. *Psychological Review*, 50, 370-396.
- Masqué, P. i Casacuberta, N. (2009). Determinació dels continguts de 210Pb i 210Po en teixits de porc. Article presentat al *2n Workshop d'avaluació del risc a la cadena alimentària. Avaluació quantitativa vs. qualitativa*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Max, W.; Rice, D.; Suny, H. i Michel, M. (2004). *Valuing human life: estimating the present value of lifetime earnings, 2000*. San Francisco: Center for Tobacco Control Research and Education, University of California. Economic studies and related methods.
- McNeill, J. (2003). The nature of Environmental History. *History and Theory*, 42, 5-43.
- McNeill, J.R. (2000). *Something new under the sun. An environmental history of the twentieth-century world*. New York: W.W. Norton & Company, Inc.
- Meadows, D.; Meadows, D.; Randers, J. i Behrens III, W. (1972). *Limits to Growth*. New York: New American Library.
- Meisner, C. (2003). 'Knowing' industrial pollution: nuisance law and the power of tradition in a time of rapid economic change, 1840-1864. *Environmental History*, 8, 565-597.
- Melosi, M. (2001). *Effluent America. Cities, industry, energy, and the environment*. Pittsburgh: University of Pittsburgh.
- Melosi, M. i Pratt, J. (2007). *Energy Metropolis: An environmental history of Houston and the Gulf Coast*. Pittsburgh: Pittsburgh University Press.
- Merchant, C. (1989). *Ecological Revolutions: Nature, Gender, and Science in New England*. North Carolina: The University of North Carolina Press.
- Merchant, C. (1990). *The Death of Nature: Women, Ecology, and the Scientific Revolution*. New York: HarperOne.
- Merchant, C. (2005). *Radical Ecology. The search for a livable world* (2nd ed.). New York: Routledge. Taylos & Francis Group.
- Meynen, N. i Sébastien, L. (2013). Environmental justice and ecological debt in Belgium: The UMICORE case. A Healy, H.; Martínez-Alier, J.; Temper, L.; Walter, M. i Gerber, J. *Ecological Economics from the Ground Up*, 430-464. New York: Routledge.
- Michaels, D. i Monforton, C. (2005). Manufacturing Uncertainty: Contested Science and the Protection of the Public's Health and Environment. *American Journal of Public Health*, 95 (S1), 39-48.

- Minguez, R.; Monterde, M.; Homedes, M.; Coll, M.; Ferrús, G.; Miralles, M. *et al.* (2005). Programa de vigilància de l'afectació dels residus de l'embassament de Flix en aigües de consum humà. *Butlletí Epidemiològic de Catalunya*, XXVI (12), 161-172.
- Ministry for Infrastructure and the Environment (2009). *Dutch Soil Remediation Circular. Dutch Environmental Guidelines & Standards*. Government of the Netherlands. [http://www.esdat.com.au/Environmental\\_Standards.aspx](http://www.esdat.com.au/Environmental_Standards.aspx)
- Montcada, J. (1988). *Camí de Sirga*. Barcelona: Edicions de la Magrana.
- Montouri, P.; Jover, E.; Díez, S.; Ribas-Fitó, N.; Sunyer, J.; Triassi, M. *et al.* (2006). Mercury speciation in the hair of pre-school children living near a chlor-alkali plant. *Science of the total environment*, 369, 51-58.
- Mudgal, S.; Chenot, B. i Salès, K. (2013). *Implementation challenges and obstacles of the Environmental Liability Directive (ELD)*. European Commission, DG Environment. <http://eldimplement.biois.com/>
- Mumford, L. (1934). *Technics and Civilization*. New York: Harcourt Brace.
- Mumford, L. (1967). *The Myth of the Machine (Vol. 1): Technics and Human Development*. New York: Harcourt, Brace & World.
- Muñoz, P. (1994). *Alemanys a l'Ebre. La colònia química alemanya de Flix (1897-1994)*. Tarragona: Edicions El Mèdol.
- Myers, G.J. i Davidson, P.W. (1998). Prenatal mercury exposure and children: Neurologic, developmental, and behavioral research. *Environmental Health Perspectives*, 106 (S3), 841-847.
- Nadal, J. (2003). *Atlas de la industrialización de España, 1750-2000*. Bilbao: Editorial Crítica.
- Naredo, J. (2006). *Raíces económicas del deterioro ecológico y social. Más allá de los dogmas*. Madrid: Siglo XXI.
- Navarro, A.; Quirós, L.; Casado, M.; Faria, M.; Carrasco, L.; Benejam, L. *et al.* (2009). Physiological responses to mercury in ferl carp populations inhabiting the low Ebro River (NE Spain), a historically contaminated site. *Aquatic Toxicology*, 93, 150-157.
- NCR (2000). *Toxicological Effects of Methylmercury*. National Research Council, Committee on the Toxicological Effects of Methylmercury, Board on Environmental Studies and Toxicology. Washington DC: National Academy Press.
- Nieto-Galan, A. (2011). *Los públicos de la ciencia. Expertos y profanos a través de la historia*. Madrid: Marcial Pons.
- Nixon, R. (2011). *Slow Violence and the Environmentalism of the Poor*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Norgaard, R. (1989). The case for methodological pluralism. *Ecological Economics*, 1 (1).
- Nurminen, M. i Karjalainen, A. (2001). Epidemiologic estimate of the proportion of fatalities

- related to occupational fraction in Finland. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 27, 161-213.
- Obach, B. (2004). *Labor and the Environmental Movement: The quest for common ground*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- O'Brien, T.; Bommaraju, T. i Hine, F. (2005). *Handbook of Chlor-Alkali Technology* (Vol. I: Fundamentals). New York: Kluwer Academic/Plenum.
- Observatori del Deute (2002). *El passiu ambiental*. Observatori del Deute en la Globalització. <http://www.observatorideute.org>.
- Odetti, H. i Bottani, E. (2006). *Introducción a la química inorgánica* (4a edición ed.). Santa Fe: Ediciones UNL.
- Oliva, J. (2008). Informe sobre les pèrdues per a l'economia catalana degudes a la malaltia. A Generalitat de Catalunya, Departament de Salut. *Estudis d'Economia de la Salut (Volum II)*, 11-43. Barcelona: Direcció General de Planificació i Avaluació.
- Olivares, A.; Quirós, L.; Pelayo, S.; Navarro, A.; Bosch, C.; Grimalt, J. *et al.* (2010). Integrated biological and chemical analysis of organochlorine compound pollution and of its biological effects in a riverine system downstream the discharge point. *Science of the total environment*, 408, 5592-5599.
- Olivero-Verbel, J.; Johnson-Restrepo, B.; Baldiris-Avila, R.; Güette-Fernández, J.; Magallanes-Carreazo, E.; Vanegas-Ramírez, L. *et al.* (2008). Human and crab exposure to mercury in the Caribbean coastal shoreline of Colombia: Impact from an abandoned chlor-alkali plant. *Environment International*, 34, 476-482.
- Otero, I.; Kallis, G.; Aguilar, R. i Ruiz, V. (2011). Water scarcity, social power and the production of an elite suburb: The political ecology of water in Matadepera, Catalonia. *Ecological Economics*, 70 (7), 1297-1308.
- Otto, W.; Schönberger, H.; Burger, D. i Weber, R. (2006). Case study on remediation of a German city contaminated by a Chloroalkali plant and PCP production. *Organohalogen compounds*, 68, 880-885.
- Pagés, P. (2007). *La guerra civil als Països Catalans, 1936-1939*. València: Publicacions de la Universitat de València.
- Pastor, M. i Gispert, R. (2010). *Evolució de la participació dels plans directors en la despesa i en el pressupost sanitari de CatSalut. Volum III*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- Penna, A. (2009). *Remaking Boston: an environmental history of the city and its surroundings*. Pittsburgh: University of Pittsburgh.
- Perrow, C. (1984). *Normal accidents: living with high risk technologies*. New York: Basic Books.
- Pestre, D. (2004) Thirty years of science studies: knowledge, society and the political. *History and Technology*, 20, 351-369.
- Peters, H.; Gocmen, A.; Cripps, D.; Bryan, G. i Dogramaci, I. (1982). Epidemiology of



- hexachlorobenzene. Induced porphyria in Turkey. Clinical and Laboratory Follow-up after 25 years. *Archives of Neurology*, 39 (12), 744-749.
- PNUMA (2002). *Evaluación mundial sobre el mercurio*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Productos Químicos, Programa interorganismos para la gestión racional de las sustancias químicas, Ginebra: United Nations Environment Programme.
- Porta, M.; Puigdomènech, E. i Ballester, F. (2009). *Nuestra contaminación interna: concentraciones de compuestos tóxicos persistentes en la población española*. Madrid: Los libros de la catarata.
- Pritchard, S.B. i Zeller, T. (2010). The Nature of Industrialization. A Reuss, M. I Cutcliffe, S. (eds), *The Illusory Boundary. Environment and Technology in History*, 69-100. Charlottesville: University of Virginia Press.
- Prüss-Üstün, A. i Corvalán, C. (2006). *Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease*. Switzerland: World Health Organization.
- Puig, N. (1999a). El crecimiento asistido de la industria química en España: Fabricación Nacional de Colorantes y Explosivos, 1922-1965. *Revista de Historia Industrial*, 15, 105-135.
- Puig, N. (1999b). *Los orígenes de una multinacional alemana en España: Fabricación Nacional de Colorantes y Explosivos, 1881-1965*. Madrid: Fundación Empresa Pública, Programa de Historia Económica.
- Puig, N. i Loscertales, J. (2001). Las estrategias de crecimiento de la industria química alemana en España 1880-1936: exportación e inversión directa. *Revista de Historia Económica*, Any XIX (2).
- Queralt, M. i Subirats, M. (1999). La navegació per l'Ebre. Els vaixells de vapor (1856-1929). *Recerca*, 3, 161-175.
- Radkau, J. (1993). ¿Qué es la Historia del Medio Ambiente? A González de Molina, M. i Martínez-Alier, J. *Historia y Ecología*, 11, 119-146.
- Rappe, C.; Kjeller, L. i Kulp, S. (1991). Levels, profile and pattern of PCDDs and PCDFs in samples related to the production and use of chlorine. *Chemosphere*, 23 (11-12), 1629-1636.
- Reis, A.; Rodrigues, S.; Araújo, C.; Coelho, J.; Pereira, E. i Duarte, A. (2009). Mercury contamination in the vicinity of a chlor-alkali plant and potential risks to local population. *Science of the Total Environment*, 407, 2689-2700.
- Rolph, E. (1976). *Place and placelessness*. London: Pion.
- Reuss, M. i Cutcliffe, S. (2010). *The Illusory Boundary. Environment and Technology in History*. Charlottesville: University of Virginia Press.
- Ribas-Fitó, N.; Sala, M.; Cardo, E.; Mazón, C.; de Muga, M.; Verdú, A. *et al.* (2002). Association of hexachlorobenzene and other organochlorine compounds with anthropometric measures at birth. *Pediatric research*, 52 (2), 163-167.

- Ribas-Fitó, N.; Sunyer, J.; Sala, M. i Grimalt, J. (2003). Cambios en las concentraciones de compuestos organoclorados en las mujeres de Flix, Tarragona. *Gaceta Sanitaria*, 17 (4), 309-311.
- Ribas-Fitó, N.; Torrent, M.; Carrizo, D.; Muñoz-Ortiz, L.; Júlvez, J.; Grimalt, J. *et al.* (2006). In utero exposure to background concentrations of DDT and cognitive functioning among preschoolers. *American Journal of Epidemiology*, 164 (10), 955-962.
- Ribas-Fitó, N.; Torrent, M.; Carrizo, D.; Júlvez, J.; Grimalt, J.O.; Sunyer, J. (2007). Exposure to hexachlorobenzene during pregnancy and children's social behavior at 4 years of age. *Environmental Health Perspectives*, 115 (3), 447-450.
- Risques, M.; Duarte, A.; Riquer, B. i Roig, J. (2006). *Història de la Catalunya contemporània. De la guerra del Francès al nou Estatut*. Barcelona: Edicions Mina.
- Romanones, C. (1999) *Notas de una vida*. Madrid: Marcial Pons.
- Sánchez, E. (2008). Autarquía y asistencia exterior: las empresas francesas y el INI de Suanzes, 1941-1963. Artículo presentado en el *IX Congreso Internacional de la Asociación Española de Historia Económica*. Murcia.
- Sánchez, F.; Abellán, J. i Martínez, J. (2010). Métodos de evaluación económica para la toma de decisiones en el sector sanitario. A Cabo, J., *Gestión sanitaria integral: pública y privada*. Centro de Estudios Financieros. <http://www.gestion-sanitaria.com/metodos-evaluacion-economica-toma-decisiones-sector-sanitario.html>
- Sánchez-Cervelló, J. (coord.); Castellanos, E.; Ferré, P.; Galbe, A.; Martí, S.; Vidal, J. (2007). *El Republicanisme a les Terres de l'Ebre*. Barcelona: Fundació Josep Irla.
- Sánchez-Cervelló, J. (1997). El movimiento obrero. A Muñoz, P. (coord), *Centenario de "La Fábrica". De la Sociedad electro-química de Flix a Erkimia 1897-1997*, 103-120. Flix: Ercros
- Sánchez-Cervelló, J. (2010). Reportatge La batalla de l'Ebre. Entrevista a Josep Sánchez Cervelló. *Revista Sàpiens*, 97.
- Sánchez-Cervelló, J. i Visa, F. (1994). *La navegació fluvial i la industrialització a Flix (1840-1940)*. Flix: Edició de La Veu de Flix.
- Sala, M.; Ribas-Fitó, N.; Cardo, E.; de Muga, M.; Marco, E.; Mazón, C. *et al.* (2001). Levels of hexachlorobenzene and other organochlorine compounds in cord blood: exposure across placenta. *Chemosphere*, 43, 895-901.
- Sala, M.; Sunyer, J.; Otero, R.; Santiago-Silva, M.; Camps, C. i Grimalt, J. O. (1999). Organochlorine compound concentration in the serum of inhabitants living near an electrochemical factory. *Occupational Environment Medicine*, 56, 152-158.
- Salkever, D. (1995). Updated estimates of earnings benefits from reduced exposure of children to environmental lead. *Environmental Research*, 70, 1-6.
- Sanz, C. (2005). *España y la República Federal de Alemania (1949-1966): política, económica y emigración, entre la guerra fría y la distensión*. Tesis doctoral: Facultad de Geografía e

- Historia, Universidad Complutense de Madrid.
- Schandl, H. i Schulz, N. (2002). Changes in the United Kingdom's natural relations in terms of society's metabolims and land-use from 1850 to the present day. *Ecological Economics*, 41, 203-221.
- Schmittinger, P. (2000). *Chlorine. Principles and Industrial Practice*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Schwartz, J. (1994). Low-Level Lead Exposure and Children's IQ: A Meta-analysis and Search for a Threshold. *Environmental Research*, 65, 42-55.
- Schwartz, J.; Pitcher, H.; Levin, R.; Ostro, B. i Nichols, A. (1985). *Costs and Benefits of Reducing Lead in Gasoline. Final regulatory impact analysis*. Washington DC: US Environmental Protection Agency, Economic Analysis Division. Office of Policy Analysis.
- Shapin, S. i Schaffer, S. (1985) *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the experimental life*. Princeton: Princeton University Press.
- Sharpe, A. (1993). *Química inorgánica*. Barcelona: Editorial Reverté S.A.
- Shrivastava, P. (1995). Democratic control of technological risks in developing countries. *Ecological Economics*, 14, 195-208.
- Sieferle, R. (2001). Qué es la historia ecológica. A González-Molina, M. i Martínez-Alier, J. *Naturaleza transformada*, 31-54. Barcelona: Icaria Editorial. Col·lecció Antrazyt.
- Smith, J. (2000). Turning silk purses into sows' ears: Environmental History and the Chemical Industry. *Enterprise & Society*, 1, 785-812.
- Smith, K.; Corvalin, C. i Kjellstrom, T. (1999). How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology*, 10, 573-584.
- Smith, M. i Marx, L. (1994). *Does technology drive History? The dilemma of technological determinism*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Soto, D.; Roig, R.; Garcia, E.; Benejam, L.; Benito, J. i Catalan, J. (2008). Metal concentrations in fish of the Lower Ebro River impacted by the industrial waste of Flix reservoir. Paper presented at the Workshop *Industrial pollution in rivers. Effects on water quality, biota and agriculture*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.
- Stine, J. i Tarr, J. (1998). At the Intersection of Histories: Technology and the Environment. *Technology and Culture*, 39 (4), 601-640.
- Stringer, R. i Johnston, P. (2001). *Chlorine and the Environment. An overview of the chlorine industry*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Suárez, A.; Ibáñez, C. i Trobajo, R. (2008). Heavy metal bioaccumulation in *Procambarus clarkii* (American red crayfish) in the lower Ebro river and Delta. Paper presented at the Workshop *Industrial pollution in rivers. Effects on water quality, biota and agriculture*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili.
- Sunyer, J.; Herreo, C.; Ozalla, D.; Sala, M.; Ribas-Fitó, N.; Grimalt, J. *et al.* (2002). Serum organochlorines and urinary porphyrin pattern in a population highly exposed to

- hexachlorobenzene. *Environmental Health: A global access science source*, 1 (1).
- Swyngedouw, E. (2004). *Social power and the urbanization of water: Flows of water*. Oxford University Press.
- Tarr, J. (2003). *Devastation and Renewal: An environmental history of Pittsburgh and its region*. Pittsburgh: University of Pittsburgh.
- Tarragó, S. (2004). Necesidad de la participación ciudadana en la planificación hidráulica. *Ribagorzano*, 4 (27), 10-25.
- Terrado, M.; Barceló, D. i Tauler, R. (2006). Identification and distribution of contamination sources in the Ebro river basin by chemometrics modelling coupled to geographical information systems. *Talanta*, 70, 691-704.
- Toca, A. (2005). *La introducción de la gran industria química en España. Solvay y su planta de Torrelavega (1887-1935)*. Santander: Universidad de Cantabria.
- Trasande, L.; Landrigan, P. i Schechter, C. (2005). Public health and economic consequences of methyl mercury toxicity to the developing brain. *Environmental Health Perspectives*, 113 (5), 590-596.
- Tuan, Y. (1977). *Space and place*. London: Arnold.
- UNIDO. (1998). *Fertilizer manual*. (U. N. Center, Ed.) The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Urteaga, L. (1985). La Economía Ecológica de Martínez Alier. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 7, 193-205.
- UNEP (2008). *Economic Evaluation of switching the operation of a mercury cell chlor-alkali plant to a membrane cell plant*. Informe encarregat per la Federació Europea d'Indústries del clor, Euro Chlor, març de 2008.
- USEPA (1991). *Cost of Illness Handbook*. United States Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics. <http://nepis.epa.gov/>
- USEPA (2005). *Water quality criterion for the protection of human health: methylmercury*. United States Environmental Protection Agency, Office of Science and Technology, Office of Water.
- Valencia, G. (2010). La responsabilidad ambiental. *Revista General de Derecho Administrativo*, 25.
- Verkasalo, P.; Kokki, E.; Pukkala, E.; Vartiainen, T.; Kiviranta, H.; Penttinen, A. et al. (2004). Cancer risk near a polluted river in Finland. *Environmental Health Perspectives*, 112 (9).
- Wagner, D. (2006). Chemische Fabrik Griesheim - Pioneer of Electrochemistry. *Journal of Business Chemistry*, 3 (2), 31-38.
- Wakefield, S.; Elliott, S.; Cole, D. i Eyles, J. (2001). Environmental risk and (re)action: air quality, health, and civic involvement in an urban industrial neighbourhood. *Health & Place*, 7, 163-177.

- Weber, R.; Johnston, P.; Heinisch, E.; Lloyd-Smith, M.; Moccarelli, P.; Symons, R. *et al.* (2008). Dioxin- and POP-contaminated sites- contemporary and future relevance and challenges. *Environmental Science and Pollution Research*, 15, 363-393.
- Weissermel, K. i Arpe, H. (2003). *Industrial organic chemistry* (1a (1978) ed.). Frankfurt: Wiley-VCH.
- White, L. (1974). *The historical roots of our ecologic crisis*. New York: Harper and Row.
- White, R. (1996). *The Organic Machine: The Remaking of the Columbia River*. Canadà: Hill and Wang.
- Wilkinson, R. (1988). The English Industrial Revolution. A Worster, D. i Crosby, A. (Ed.), *The Ends of the Earth: Perspective on Modern Environmental History*, 80-99. Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press.
- Woelk, W. (1994). Reviews. *Social History of Medicine*, 7 (3), 534-535.
- Worster, D. (1988). Doing Environmental History. A Worster, D. i Crosby, A. (Ed.), *The Ends of the Earth: Perspective on Modern Environmental History*, 289-293. Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press.
- Worster, D. (1992). *Rivers of empire: water, aridity and the growth of the American West*. Oxford: Oxford University Press.
- WRI (2005). *Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and human well-being*. World Resources Institute. <http://www.millenniumassessment.org/en/index.html>
- Wynne, B. (1992). Misunderstood misunderstanding: social identities and public uptake of science. *Public understanding of science*, 1, 281-304.
- Yearley, S. (1995). The environmental challenge to Science Studies. A Jasanoff, S.; Markle, G.; Petersen, J. i Pinch, T. *Handbook of Science and Technology Studies*, 457-479. London: Sage.
- Zografos, C. (2010). Una explicación del conflicto social sobre energía eólica en la comarca de la Terra Alta en Cataluña. *Working Papers on Environmental Sciences*.
- Zografos, C. i Saladié, S. (2012). La ecología política de conflictos sobre energía eólica. Un estudio de caso en Cataluña. *Documents d'anàlisi geogràfica*, 58 (1), 177-192.

### Textos administratius i informes tècnics

#### Informes tècnics vinculats a l'electroquímica de Flix

- ACSA. (2004-2011). La vigilància de la contaminació química de les aigües de l'Ebre i dels aliments de la seva àrea d'influència. Informes anuals. Generalitat de Catalunya, Agència Catalana de Seguretat Alimentària.
- CESPÀ (2005) Ercros Industrial. División de Química Básica. Fábrica de Flix (Tarragona). Reconocimiento hidrogeológico, instalación de piezómetros y evaluación preliminar de la calidad. Etapa 1. Sector occidental de la fábrica. CESPÀ GTR. Juny de 2005.
- CESPÀ (2008) Ercros Industrial. División de Química Básica. Fábrica de Flix (Tarragona). Reconocimiento hidrogeológico, instalación de piezómetros y evaluación preliminar de la calidad. Fases 2 y 3. Sector centro-occidental de la fábrica. CESPÀ GTR. Abril de 2008.
- ECOCAT (2011) Investigación exploratoria de la calidad del suelo en las antiguas instalaciones de Inquide en Flix (Tarragona). Ecocat encarregat per CESPÀ GTR. Informe nº 2011050042.INF\_01. Setembre de 2011
- ECOCAT (2012) Análisis cuantitativo de riesgos en las antiguas instalaciones de Inquide en Flix (Tarragona). Ecocat encarregat per CESPÀ GTR. Informe nº 201220501010.INF\_01. Setembre de 2012.
- ECOCAT (2013) Adenda al análisis cuantitativo de riesgos en las antiguas instalaciones de la empresa Inquide en Flix (Tarragona). Ecocat encarregat per CESPÀ GTR. Informe nº 2012050101.INF\_01/Adenda. Març de 2013.
- LITOCLEAN (2008) Caracterización medioambiental del subsuelo de una zona de la planta de Ercros en Flix - Sector occidental. Litoclean, S.L. encarregat per CESPÀ GTR. Setembre de 2008. Ref. 0409/30105. Rev. 05
- LITOCLEAN (2010) Caracterización medioambiental del subsuelo de una zona de la planta de Ercros en Flix - Sector central y oriental. Litoclean, S.L. encarregat per CESPÀ GTR. Març de 2010. Ref. 1111/30721. Rev. 02

#### Espais web

- Grup Ercros (2013). Recuperat des de <http://www.ercros.com>
  - *Dades corporatives*
  - *Informes de resultats del grup (1997-2012)*
  - *Sala de premsa*
- Ministeri d'Hisenda i Administracions Públiques (2013). *Seu Electrònica del Cadastre*. Recuperat des de <http://www.sedecatastro.gob.es>
  - *Consulta de datos catastrales*. Referències cadastrals: 4073902BF9637D0001XI i 3373108BF9637E0001UJ (consulta del 03.04.2013)
- IDESCAT (2013). *Dades de l'Institut d'Estadística de Catalunya*. Recuperat des de <http://www.idescat.cat>
  - *Dades de població, Flix* (consulta del 06.07.2013)
  - *Dades macroeconòmiques, Flix* (consulta del 18.04.2013)
- INE (2011, 2014). *Dades de l'Institut Nacional d'Estadística*. Recuperat des de <http://www.ine.es>
  - Productes i serveis. Càlcul de variacions de l'Índex de preus de consum (sistema IPC base 2011). Recuperat des de <http://www.ine.es/varipc/index.do>
  - Comerç exterior. Tipus de canvi de ecu/euro. Canvi mitjà mensual. Recuperat des de <http://www.ine.es/jaxi/tabla.do>

- SIMA (2013). *Servidor Interactiu de Mapes Ambientals*. Recuperat des de <http://sima.gencat.cat/Visors/SIMA/Inici.html>
  - *Informació del cadastre*. Càlcul de superfícies (consulta del 12.05.2013)
- Ministeri d'Agricultura, Alimentació i Medi Ambient (2012, 2014). Recuperat des de <http://www.prtr-es.es>
  - *Registro de Emisiones y Fuentes Contaminantes* [darrera consulta de 29.12.2014].

#### Llicències d'activitats

Patents d'invenció de la Sociedad Electroquímica de Flix:

- Número 36.916 (Ministeri d'Agricultura, Indústria, Comerç i Obres Públiques, 05.10.1905) Procediment industrial per a la fabricació d'aigua de Javel (hipoclorit de sosa) per l'absorció directa del gas clor en una solució de sosa càustica.
- Número 37.139 (Ministeri de Foment, 15.11.1905) Procediment per a beneficiar els retalls o residus de llautó i obtenir d'ells l'estany, sota l'estat de tetraclorur
- Número 63.969 (Ministeri de Foment, 28.02.1917) Millores en el tractament de matèries derivades del vi en vistes a l'obtenció de l'àcid tartàric que contenen
- Número 65.966 (Ministeri de Foment, 17.12.1917) Procediment per a la fabricació de paranitroclorbenzol
- Número 65.967 (Ministeri de Foment, 17.12.1917) Procediment per a la fabricació d'orto-para-dinitroclorbenzol
- Número 65.968 (Ministeri de Foment, 17.12.1917) Procediment de fabricació del monoclorbenzol
- Número 66.082 (Ministeri de Foment, 29.12.1917) Procediment de fabricació de l'orto-para-dinitrofenol
- Número 66.083 (Ministeri de Foment, 29.12.1917) Procediment per a la fabricació d'un colorant negre per a cotó
- Número 66.270 (Ministeri de Foment, 20.01.1918) Procediment per a la fabricació de la paranitranilina.
- Número 66.271 (Ministeri de Foment, 20.01.1918) Procediment per a la fabricació dels derivats amino e hidroxilats de la naftalina
- Número 68.317 (Ministeri de Foment, 22.11.1917) Procediment per a la reducció de nitrobenzè a anilina e hidrazobenzè, el qual ha de servir per a la preparació de bencidina i les seves sals
- Número 159.838 (30.12.1942) Procediment de fabricació de tetraclorur de carboni, rectificat-lo per hidròlisi de sulfurs, òxids o hidròxids alcalins, alcalino-terris o de magnesi, especialment del sulfur de bari amb el protoclorur de sofre
- Número 183.493 (28.04.1948) Procediment de fabricació de sodi metall

#### Sentències jurídiques i textos legals

- APT (19/2003). Sentència número 19 de 24 de febrer de 2003 de la Secció Segona de l'Audiència Provincial de Tarragona. Causa penal número 266/98 dimanant del procediment abreviat número 5/95 del Jutjat d'Instrucció de Falset.
- Generalitat de Catalunya (2002a). Resolució de 5 de febrer de 2002, per la qual s'atorga a l'empresa Inquide Flix, SA l'autorització ambiental pel projecte de planta de producció d'àcid tricloroisocianúric (ATCC), emplaçada al complex Ercros Industrial, al terme municipal de Flix. Expedient TA20010020
- Generalitat de Catalunya (2002b). Resolució de 8 de maig de 2002, de rectificació de la Resolució ide 5 de febrer de 2002, per la qual es va atorgar a l'empresa Inquide Flix, SA,

l'autorització ambiental pel projecte de planta de producció d'àcid tricloroisocianuric (ATCC), emplaçada al complex Ercros Industrial al terme municipal de Flix (Ribera d'Ebre). Expedient TA20010020.

- Generalitat de Catalunya (2004). Sessió informativa de la Comissió de política territorial amb el Conseller de Medi Ambient i Habitatge per presentar l'informe sobre els contaminants en els sistemes aquàtics continentals, especialment pel que fa la riu Ebre al pas per Flix (Ribera d'Ebre). Número de tramitació 355-00050/07. Parlament de Catalunya, 20 d'octubre de 2004.
- Generalitat de Catalunya (2008). Resolució de 8 d'abril de 2008 relativa a la sol·licitud d'autorització ambiental per a l'adequació a la Llei 3/1998 de l'empresa Ercros Industrial, S.A. per a una activitat industrial de fabricació de productes químics de base, amb adreça als afores, s/n del terme municipal de Flix.
- Generalitat de Catalunya (2011). Resolució de 22 de març de 2011, per la qual s'atorga, a l'empresa Ercros S.A. la incorporació d'una modificació no substancial relacionada amb la modificació del tractament d'aigües residuals, la reducció de les emissions atmosfèriques i en incorporar dos tancs d'emmagatzematge d'hipoclorit al seu establiment emplaçat al carrer Afores s/n de Flix. Expedient actual EA20110003. Expedient inicial EA20050021.
- Junta de Sanejament (1993). Expedient número 327/93 de 28 d'abril de 1993 del procediment abreujat número 5/95 del Jutjat d'Instrucció de Falset.
- Junta de Residus (1993). Expedient número 93/119 P-00722.2A del procediment abreujat número 5/95 del Jutjat d'Instrucció de Falset.
- Sindicatura de comptes (1995). Informe de la Sindicatura de Comptes de Catalunya 32/95.
- TS (1012/2007). Sentència número 1012/2007 de 4 de desembre de 2007 de la Sala Penal del Tribunal Suprem.

### Entrevistes personals

- *Abella, Susanna (19.04.2010)*  
Plataforma en Defensa de l'Ebre.
- *Arasa, Miquel Àngel (22.05.2014)*  
Director del Servei Regional de les Terres de l'Ebre, Agència de Salut Pública de Catalunya, Departament de Salut
- *Aresté, Jaume (11.06.2014)*  
Professor de l'IES Flix i historiador local
- *Ballbé, Jaume (11.08.2009)*  
Director de finances de l'Electroquímica de Flix
- *Bardají, Alfredo (27.12.2010)*  
Delegat Territorial de Sanitat de les Terres de l'Ebre, Generalitat de Catalunya.
- *Bosch, Òscar (10.08.2009)*  
Alcalde de Flix pel PSC (2009-2011)
- *Casado, Lucia (29.04.2010)*  
Professora titular de Dret Administratiu, Universitat Rovira i Virgili
- *Castro, Rafel (12.06.2014)*



- Treballador d'Erkimia-Flix (1983-1990). Operari
- *Navas, Maria Pilar (12.06.2014)*  
Empresària sector restauració i veïna de Flix
  - *Clarós, Salvador (9.04.2013)*  
Tècnic del Departament de Política sectorial, CCOO
  - *Conxa (21.08.2012)*  
Nascuda a Flix i emigrant
  - *de la Varga, Aitana (7.06.2012)*  
Professora de Dret Administratiu. Departament de Dret Públic, Universitat Rovira i Virgili
  - *Domènech, Joan Anton (8.06.2012 i 14.01.2014)*  
Cap del Departament de Gestió i sòls contaminats, Agència de Residus de Catalunya, Generalitat de Catalunya
  - *Estivill, Andreu (6.09.2012)*  
Treballador operari a l'Electroquímica de Flix (anys 1970s)
  - *Fargas, Marc (16.06.2012)*  
Director de la fàbrica de Flix (2006-2012). Treballador d'Ercros a la fàbrica de Tarragona (1989-2006). Director del complex químic d'Ercros a Tarragona (des de 2012)
  - *Forcades, Josep Maria (12.06.2014)*  
President de la Cooperativa Agrícola "El Sindicat" de Flix (des de 1909)
  - *Gari, Mercè (4.06.2014)*  
Institut de Diagnòstic Ambiental i Estudis de l'Aigua, CSIC. Investigadora del grup de contaminació i salut humana.
  - *Ginebreda, Antoni (23.06.2011)*  
Investigador del grup de contaminació en sistemes aquàtics del Departament de Química Ambiental de l'Institut de Diagnòstic Ambiental i Estudis de l'Aigua, CSIC.
  - *Grimalt, Joan Obrador (22.12.2009)*  
Director de l'Institut de Diagnòstic Ambiental i Estudis de l'Aigua, CSIC. Investigador del grup de contaminació i salut humana del Departament de Química Ambiental. Director del Centre de Recerca i Desenvolupament, CSIC
  - *Jiménez, Pere Josep (21.04.2010)*  
Grup de Natura Freixe, Flix. Director de la Reserva Natural de Sebes, Flix. Investigador al Centre Tecnològic de Manresa-Flix.
  - *Jose (21.08.2012)*  
Treballador-operari a Flix
  - *Jurado, José Manuel (9.04.2013)*  
Responsable del Departament de Medi Ambient, CCOO
  - *Llop, Miquel (2.10.2009)*

- Federació d'Ecologistes de les Terres de l'Ebre, Ecologistes en Acció i resident a Flix
- *Lloret, Roger (16.03.2010)*  
Inspector de la Policia d'Aigües del Ministeri de Medi Ambient.
  - *Masqué, Pere (12.11.2009)*  
Investigador del Grup d'estudi de processos oceànics i climàtics. Departament de física i Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona
  - *Molina, Jaime (11.06.2014)*  
T treballador de fàbrica des de 1985. Ocupà el càrrec de cap del departament de producció i des de 2012 és director d'Erkimia-Flix.
  - *Moll, Joan (8.01.2012)*  
Director tècnic del projectes del minitransvasament
  - *Montreal, Ignacio (8.05.2010)*  
Fiscal de Medi Ambient de l'Audiència Provincial de Tarragona.
  - *Morrón, Jaume (30.04.2010)*  
Director de campanyes i vicepresident de Greenpeace (1987)
  - *Munné, Toni (4.04.2013)*  
Cap del Departament de control i millora dels ecosistemes aquàtics, Agència Catalana de l'Aigua
  - *Muñoz, Pere (10.08.2009 i 11.06.2014)*  
Alcalde de Flix per ERC (1979-1987 i 2004-2008). Regidor (1987-1991). Senador per la província de Tarragona (2008). Historiador i escriptor.
  - *Mur, Marc (11.06.2014)*  
Advocat i alcalde de Flix pel partit socialista (PSC) des de 2011, on des de 1991 fins a 2003 ha exercit altres funcions al consistori.
  - *Oliva, Ramon (14.01.2014)*  
Director de l'Àrea d'Industrials, Agència de Residus de Catalunya, Generalitat de Catalunya
  - *Pablo, Joan de (2.10.2009)*  
Director científic de l'àrea de Tecnologia ambiental del Centre Tecnològic de Manresa, Universitat Politècnica de Catalunya
  - *Palanques, Albert (25.04.2010)*  
Director de l'Institut de Ciències del Mar, Centre Superior d'Investigacions Científiques
  - *Peña, José Luís (12.06.2014)*  
T treballador d'Erkimia-Flix des de 1973. Director d'Erkimia-Flix des de 1992 a 2001. Director de Sostenibilitat del grup Ercros des de 2006
  - *Pigrau, Antoni (14.06.2011)*  
Catedràtic de Dret Internacional Públic i Relacions Internacionals, Departament de Dret Públic, Facultat de Ciències Jurídiques, Universitat Rovira i Virgili

- *Porta, Miquel (15.05.2014)*  
Cap de la Unitat d'Epidemiologia Clínica i Molecular del Càncer de l'Institut Municipal d'Investigació Mèdica (IMIM)
- *Prat, Narcís (14.12.2009)*  
Catedràtic del Departament d'Ecologia i director del grup de recerca Freshwater ecology and management, Universitat de Barcelona
- *Prunera, Jaume (9.06.2014)*  
President del Comitè d'Empresa d'Erkimia Flix per CCOO (1992-2012)
- *Rodríguez-Farré, Eduard (14.01.2010)*  
Cap del Departament de Farmacologia i Toxicologia de l'Institut de Recerca Biomèdica de Barcelona, Institut d'Investigacions Biomèdiques Agustí Pi i Sunyer (IDIBAPS), CSIC
- *Rojas, Antonio (9.06.2012)*  
Cap de planta de l'Electroquímica de Flix
- *Rubalcava, Alicia (11.08.2009)*  
Centre d'empreses de la Ribera
- *Sabaté, Rosamaria (9.06.2014)*  
Adjunta a pediatria, CAP de Flix
- *Sunyer, Jordi (12.08.2012)*  
Coordinador del grup d'investigació de salut respiratòria, contaminació i infància de l'Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques i Director Científic Adjunt i investigador del Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental
- *Sánchez-Cervelló, Josep (26.09.2012)*  
Departament d'Història Contemporània, Universitat Rovira i Virgili. President de l'Associació Amics de l'Ebre. Nascut a Flix
- *Visa, Francesc Ramon (10.06.2014)*  
Historiador local i veí de Flix. Professor i activista social
- *Zabalza, Antoni (20.03.2015)*  
Secretari d'Estat d'Hisenda entre 1991 i 1993 i Secretari General de Planificació i Pressupostos entre 1988 i 1991 pel Partit Socialista Obrer Espanyol. En guanyar les eleccions el Partit Popular l'any 1996 entra a la presidència del grup Ercros que encara ostenta. Entre 2005 i 2013 fou president de la Federació Empresarial Catalana del Sector Químic (Fedequim) i vicepresident de la Federació Empresarial de la Indústria Química Espanyola (Feique). És catedràtic de Teoria Econòmica de la Universitat de València.

El 19 de gener de 2015 se sol·licità una entrevista amb el Dr. Zabalza mitjançant una carta certificada en la què s'adjuntava un guió de les qüestions que volien ser tractades. L'entrevista no fou concedida però el grup, a través de la cap del gabinet de comunicació d'Ercros, facilità una resposta per escrit al qüestionari que envià per correu electrònic el 20 de març de 2015 i que s'ha transcrit literalment a l'annex 5 d'aquest document.