

ESTUDI DE L'IMPACTE AMBIENTAL EN CAS D'ACCIDENT NUCLEAR: CAS DE TXERNÒBIL A CATALUNYA

per

G. RAURET, M. LLAURADÓ I M. GINJAUME

Laboratori de Radiologia Ambiental
Universitat de Barcelona – I.E.C.

INTRODUCCIÓ

Com totes les indústries, la producció d'energia nuclear genera emissions en forma gasosa i líquida a l'ambient amb la consegüent introducció de radionúclids i un augment de radioactivitat del medi. Per tal de conèixer si la presència d'aquests compostos constitueix un problema per a l'ús i consums humans dels recursos naturals, cal establir sistemes de vigilància i en especial estudiar la transferència de radioactivitat des de la font d'emissió fins a l'home a través de les diverses barreres naturals i de la cadena alimentària. Un sistema de vigilància comporta el mesurament al llarg del temps i, de forma periòdica o continuada, de l'activitat en diferents tipus de mostres en una regió geogràfica determinada. La vigilància té per objecte també comprovar si es compleixen les regulacions imposades pels governs respecte als nivells màxims permesos. La vigilància orientada cap a l'obtenció de dades per tal d'avaluar la dosi rebuda per un individu o per una població ha de basar-se en un coneixement de quines són les vies seguides pels radionúclids a l'ambient, de la natura de la font d'emissió i de la distribució dels radionúclids a partir d'aquesta; d'ací la importància dels estudis de transferència de radionúclids en el medi.

Un cas especial en els estudis d'impacte ambiental el constitueix una situació accidental, la qual podem classificar en tres tipus diferents:

- a) Accidents severs en centrals externes a la zona geogràfica en estudi però que tenen abast continental.
- b) Accidents menors en centrals situades en la zona geogràfica que hom estudia.

c) Accidents severos en centrals nuclears situades en la zona geogràfica estudiada.

En qualsevol cas, cal estudiar d'una forma ràpida les conseqüències d'aquestes condicions atípiques en el medi i estudiar l'impacte en la producció, el comerç i el consum d'aliments. En el cas particular d'accidents severos en la zona geogràfica que hom estudia, caldrà a més dictaminar les mesures per a la descontaminació de persones i edificis i dictaminar mesures referents a la recuperació del sòl. El cas de Txernòbil i la seva repercussió a Catalunya correspon a un accident sever d'abast continental en una central nuclear situada a força distància, per la qual cosa caldrà només tenir en compte els primers aspectes.

AVALUACIÓ DE LES CONSEQÜÈNCIES D'UNA SITUACIÓ ACCIDENTAL

Un cop hom ha tingut coneixement que hi ha hagut una emissió important de radioactivitat, ja sigui per informació donada pels implicats o bé per detecció a través dels sistemes de vigilància establerts, cal iniciar immediatament l'estudi de l'abast que aquesta contaminació té en la zona geogràfica d'interès. En el cas de Txernòbil la informació fou obtinguda a través de mesuraments realitzats rutinàriament en els països als quals arribà el primer núvol radioactiu. Així, si l'accident es produí el dia 26 d'abril, l'endemà ja fou detectat a Suècia i el 28 d'abril a Dinamarca a causa de la direcció dels vents, que orientaren les emissions produïdes el dia 26 cap a Escandinàvia; posteriorment el núvol es desvià cap al sud, tot dispersant-se a través de la República Federal Alemanya i França, abans de dirigir-se de nou cap al nord-est en direcció a Bèlgica, Holanda, Gran Bretanya i Irlanda, que foren els primers països afectats. Com que l'emissió de Txernòbil durà uns deu dies, des del 26 d'abril fins al 5 de maig, el canvi de les condicions meteorològiques féu que les emissions dels dies 29 i 30 d'abril es dirigissin cap al sud-est en direcció al nord d'Itàlia i que canviessin després cap al nord d'Europa. Part d'aquest núvol fou el que va tocar Catalunya ajudat per una borrasca centrada a l'illa de Sicília. Nous canvis de les condicions meteorològiques orientaren les emissions dels dies 1 i 2 de maig cap a Grècia i Turquia i les dels dies 3 i 4 de maig cap al nord de Rússia. Les emissions posteriors al dia 5 de maig es dirigiren cap al sud-oest, i arribaren a Itàlia i nord de Grècia entre el 9 i l'11 de maig.¹ A la fig. 1 són representats gràficament els diferents camins seguits per les emissions de Txernòbil. Hom observa la importància de les condicions atmosfèriques en la dispersió de la radioactivitat a partir d'una font d'emissió. Hom ha comprovat, però, que les condicions atmosfèriques locals no tenen cap influència en la trajectòria del núvol, i en canvi són les que determinen la intensitat i l'homogeneïtat del dipòsit en el sòl. La trajectòria del núvol depèn dels vents d'alta altitud.²



Figura 1. Trajectòria seguida pel núvol radioactiu procedent de Txernòbil.

A Catalunya els primers indicis de radioactivitat foren obtinguts per anàlisi d'aigua de pluja recollida per l'Institut de Tècniques Energètiques de la Universitat Politècnica de Catalunya.³ Cal assenyalar que tant a Catalunya com en altres punts d'Europa foren els mesuraments directes de radioactivitat en aerosols atmosfèrics i aigua de pluja els que detectaren l'arribada de radionúclids.

VIES CRÍTQUES EN LA INCORPORACIÓ DE RADIONÚCLIDS EN EL MEDI

Els radionúclids presents en el núvol radioactiu s'incorporen en el medi per diverses vies. A la fig. 2 són representades esquemàticament les vies crítiques d'incorporació dels radionúclids en el medi procedents d'una font suficientment allunyada. Els radionúclids, segons llur natura química, són a l'atmosfera en forma gasosa o en forma particulada, i es dipositen al sòl, a les aigües superficials o als vegetals per deposició seca i per deposició humida. La deposició seca té lloc per sedimentació de les partícules en temps sec,

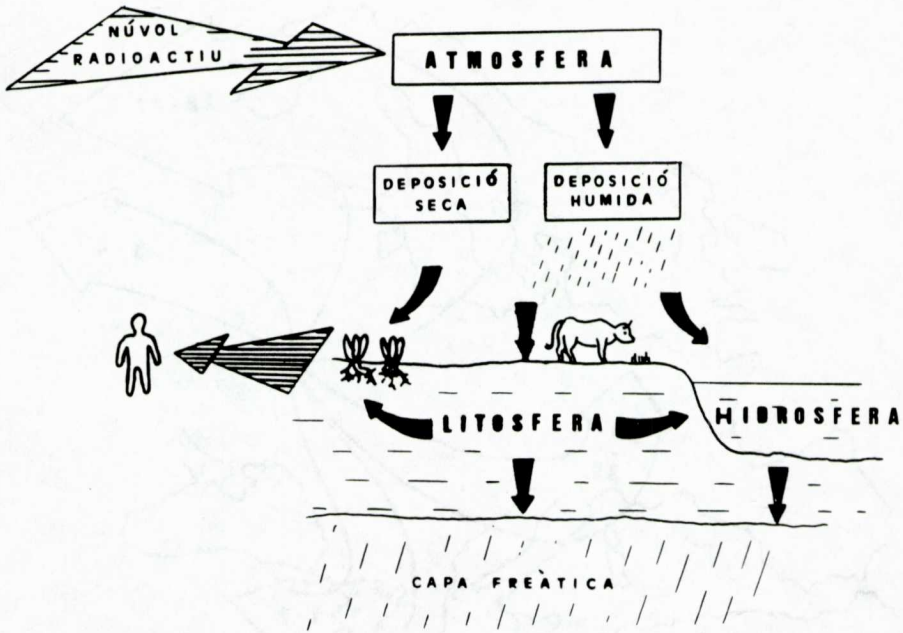


Figura 2. Vies crítiques d'incorporació dels radionúclids en el medi.

mentre que la deposició humida és la que té lloc per rentatge quan plou. La velocitat de deposició és molt diferent en cada cas, essent en general molt superior per deposició humida. L'activitat dipositada pot, a més, passar novament a suspensió per acció del vent. La deposició humida, així com la seca, depèn de la contaminació de l'aire, però també de la durada i de la intensitat de les precipitacions.

La deposició sobre els vegetals integra la deposició seca i la deposició humida; ara bé, només una part de l'activitat dipositada sobre el vegetal es manté sobre aquest. Les deposicions seques i humides contaminen també les aigües superficials, les quals, a més, reben a través de les rieres les aigües de pluja, que han rentat el sòl incorporant radionúclids procedents d'aquest. Les aigües profundes provenen de la percolació de les aigües superficials, les quals, durant la transferència, perden part de llur radioactivitat a causa de la fixació de radionúclids en els terrenys que travessen, i per decreixement radioactiu si el temps és suficientment llarg i el radionúclid té un període de semidesintegració suficientment curt.

La radioactivitat dipositada al sòl, a les aigües i als vegetals, s'incorpora a la biosfera en primer lloc per absorció a través de les fulles dels vegetals, i posteriorment per absorció radicular dels radionúclids continguts al sòl i a

l'aigua de regatge. Els animals herbívors els incorporen per ingestió de vegetals i l'home per ingestió tant de vegetals, com d'animals, com de l'aigua. Dins la cadena alimentària, cal controlar com a primers incorporadors de radionúclids els vegetals, els animals herbívors i en especial la llet, per la seva composició química i per ésser un aliment primordial en la dieta humana.

A més d'irradiació per ingestió, l'home també està sotmés a una irradiació per inhalació si l'aire que respira conté radionúclids volàtils. Aquests dos tipus d'irradiació constitueixen les fonts d'exposició interna, en tant que el núvol radioactiu i la radioactivitat en el sòl són les fonts d'exposició externa.

Per a poder calcular la intensitat d'irradiació i per tant conèixer la dosi absorbida, cal en primer lloc conèixer l'activitat de tots els materials que poden contribuir a la irradiació de l'home. Cal també conèixer la seva natura, ja que segons el tipus de radiació emesa pel radionúclid provocarà un dany biològic diferent. Tenint en compte doncs les vies seguides pels radionúclids, un estudi de l'impacte radiològic en el medi portarà a determinar el tipus de radionúclids i la seva activitat en els materials següents: matèria particulada i gasosa a l'atmosfera; deposició al sòl, seca i humida i en vegetals; contaminació de les aigües tant superficials com subterrànies, i contaminació en productes de mercat vegetals, animals i llet. Per a aquest tipus de materials cal tenir en compte la dieta de la població i analitzar aquells productes que hi tenen una incidència més alta.

MESURAMENT DE LA POL·LUCIÓ ATMOSFÈRICA

Per tal de mesurar tant l'activitat deguda a espècies en forma gasosa com en forma particulada, cal efectuar mostratges de dos tipus: a) amb captadors d'alt volum i filtres de fibra de vidre o acetat de cel·lulosa de 0,8 μ de diàmetre de porus per tal de captar els aerosols, i b) amb captadors de baix volum amb cartutxos de carbó actiu per tal de retenir les espècies gasoses, en especial el iode.

Els radionúclids més comuns a l'atmosfera són el radó procedent de les sèries de l'urani i el tori, així com els seus productes de desintegració, els radionúclids d'origen cosmogènic com H-3, Be-7, C-14 entre altres, i els productes de fissió o d'activació, que són els indicadors de contaminació. En el cas del reactor de Txernòbil, foren llançats a l'atmosfera tota una sèrie de gasos nobles, en especial radiocriptó i radi xenó, i una sèrie d'elements entre els quals destaquen Rh-101, Rh-102, Ru-103, Ru-106, Ag-110, Sn-113, I-131, Te-132, Cs-134 i Cs-137. La proporció d'elements refractaris com Zr-98, Ce-144 i transurànids emesos fou molt petita en comparació amb els elements volàtils.⁴

En un estudi exhaustiu de la contaminació atmosfèrica convé dur a terme una anàlisi d'activitat alfa global, activitat beta global, espectrometria alfa, espectrometria gamma i estronci 90.

Taula 1. Radionúclids en aerosols captats a Barcelona el mes de maig de 1986.

Radionúclid	Activitat en mBq/m ³		
	6-V-1986	8-V-1986	15-V-1986
¹³⁴ Cs	0,14 ± 0,04	0,27 ± 0,54	0,40 ± 0,09
¹³⁷ Cs	0,18 ± 0,05	0,75 ± 0,11	1,06 ± 0,16
¹³¹ I	1,24 ± 0,05	1,59 ± 0,08	1,60 ± 0,18
¹⁴⁷ Nd	< 0,3	0,50 ± 0,12	0,41 ± 0,27
¹⁰³ Ru	0,21 ± 0,04	0,25 ± 0,05	1,64 ± 0,16
¹⁰⁶ Ru	< 0,47	0,50 ± 0,31	1,67 ± 0,64

Al Laboratori de Radiologia Ambiental de la Universitat de Barcelona efectuàrem alguns mesuraments per espectrometria gamma d'alta resolució en mostres d'aerosols atmosfèrics i en cartutxos de carbó actiu. A la taula 1 hom dona els resultats obtinguts per a aerosols captats a Barcelona durant el mes de maig de 1986. A la fig. 3 hom representa l'evolució al llarg dels mesos d'abril i maig de 1986 del I-131 en els cartutxos de carbó actiu, captat

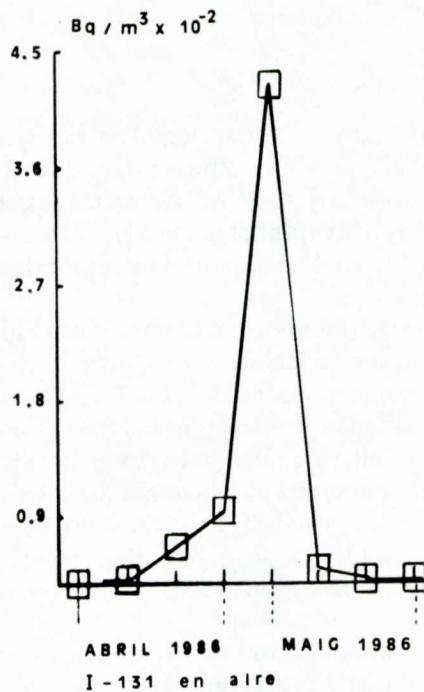


Figura 3. Evolució del contingut de I-131 a l'aire durant el mesos abril-maig de 1986.

prop de la central nuclear de Vandellòs I. Hom observa que els radionúclids detectats al començament del mes de maig amb una activitat superior a $0,1 \text{ mBq/m}^3$ posa clarament de manifest l'arribada del núvol procedent de Txernòbil, per bé que els nivells màxims assolits són molt baixos. A la taula 2 hom dona valors de l'activitat de I-131 en aire per a diversos països de l'oest d'Europa. Hom observa que els valors trobats a Catalunya són força inferiors als d'altres països europeus.

Taula 2. Valors mitjans de ^{131}I en l'atmosfera al començament de maig de 1986.

Lloc	Activitat Bq/m^3	Referència
Barcelona	$4,5 \cdot 10^{-2}$	
Ciutat de Palma	$1,6 \cdot 10^{-2}$	5
Madrid	$5,3 \cdot 10^{-3}$	5
Almeria (Palomares)	$14,1 \cdot 10^{-2}$	5
França (Saclay)	18	4
Bèlgica (Fleurus)	15	7
Bèlgica (Kokajde)	3,6	8
Alemanya (Hannover)	1,0	6
Dinamarca (Risø)	1,0	9

MESURAMENT DE LA CONTAMINACIÓ PER DEPOSICIÓ

Per tal d'estudiar la deposició seca, hom col·loca a 1,5 m del sòl uns discs metàl·lics untats amb cola no endurable ni soluble amb aigua. Se situen en clarianes on els arbres no poden actuar disminuint la deposició sobre els discs. En les mostres preses hom mesura l'activitat alfa i beta global, i hom hi realitza espectrometria gamma. L'estudi de la deposició a les superfícies col·lectores permet de conèixer la durada del passatge del núvol radioactiu així com, si hom els ha distribuïts adientment, conèixer l'homogeneïtat de la deposició.

Pel que fa a la deposició humida, aquesta és estudiada analitzant l'aigua de pluja. A la taula 3 hom dona els resultats de dues mostres d'aigua de pluja analitzades al nostre laboratori, l'una del dia 2 de maig de 1986 i l'altra del final del mateix mes. Hom hi observa una clara disminució dels radionúclids arrossegats per ambdues pluges; els radionúclids més representatius són el I-131, els radiocesis i el Ru-103. Els valors obtinguts al començament de maig a Barcelona són també més baixos que els observats en altres punts d'Europa, com a Mònaco¹⁰ o Saclay,² en els quals han estat mesurats per al I-131 valors de 7.517 Bq/m^2 i 1.300 Bq/l respectivament, tenint en compte que a Barcelona la deposició del dia 2 de maig no superà el litre per m^2 .

Taula 3. Activitat en l'aigua de pluja a Barcelona.

Data de recollida	Radionúclid	Activitat Bq/l
2-V-1986	¹³⁴ Cs	10,7 ± 1,1
	¹³⁷ Cs	25,7 ± 2,2
	¹³¹ I	380,0 ± 16,0
	¹⁰³ Ru	35,4 ± 2,7
29-V-1986	¹³⁴ Cs	0,04 ± 0,01
	¹³⁷ Cs	0,06 ± 0,02
	¹³¹ I	0,53 ± 0,16
	¹⁰³ Ru	0,16 ± 0,06

La deposició sobre vegetals, integració de la deposició seca i humida, només és parcialment retinguda per aquests depenent de llur morfologia i grau de desenvolupament. El millor material per a estudiar la deposició sobre vegetals és l'herba de prat, la qual fou mesurada en diversos països. A la taula 4 es donen alguns dels valors obtinguts en el nostre laboratori per mostres de Catalunya.

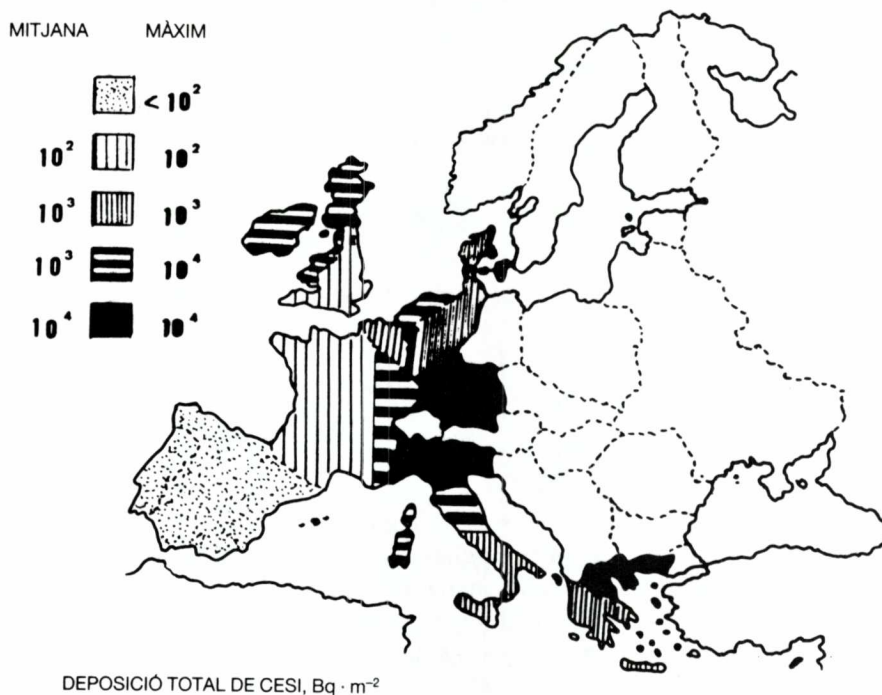
També pot ésser obtinguda informació de la deposició total analitzant mostres superficials de sòls. Aquest sistema fou emprat per a estudiar l'accident de Txernòbil. A la taula 5 hom recull els valors dels continguts en Cs-137, I-131 i Ru-103 a diferents mostres de sòls de Catalunya del mes de maig de 1986. Tant els valors trobats al nostre laboratori com els fets públics pel Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives¹² mostren una gran heterogeneïtat en la deposició. A les figures 4 i 5 hom representa la deposició total en sòls expressada en Bq/m² en els països de la Comunitat Econòmica Euro-

Taula 4. Deposició sobre herba a Catalunya.

Lloc	Data	Radionúclid	Activitat Bq/kg
Sant Antoni de Vilamajor	3-V-1986	¹³⁴ Cs	3,80 ± 0,15
		¹³⁷ Cs	7,20 ± 0,22
		¹³¹ I	75,70 ± 2,70
		¹⁰³ Ru	15,50 ± 0,40
El Pont de Bar	30-V-1986	¹³⁴ Cs	12,00 ± 0,53
		¹³⁷ Cs	23,90 ± 0,73
		¹³¹ I	10,01 ± 0,63
		¹⁰³ Ru	30,30 ± 0,80
El Pont de Suert	30-V-1986	¹³⁴ Cs	2,32 ± 0,06
		¹³⁷ Cs	4,78 ± 0,18
		¹³¹ I	1,47 ± 0,16
		¹⁰³ Ru	3,85 ± 0,11

Taula 5. Activitat en mostres de sòl a Catalunya (maig 1986).

Lloc	Data	Activitat en Bq/kg		
		^{137}Cs	^{131}I	^{103}Ru
Pratdip	3-V-1986	$17,2 \pm 0,7$	$29,7 \pm 6,4$	$9,3 \pm 0,9$
Amposta	6-V-1986	$10,8 \pm 1,6$	$10,2 \pm 1,9$	$9,8 \pm 1,2$
Bellpuig	"	$1,6 \pm 0,4$	$11,2 \pm 1,4$	$4,5 \pm 0,7$
Bordils	9-V-1986	$1,8 \pm 0,13$	$6,5 \pm 1,14$	$0,3 \pm 0,1$
França	"	$3,3 \pm 0,7$	$28,2 \pm 12,0$	$1,7 \pm 0,7$
Cambrils:				
Mútua				
Metal·lúrgica	"	$4,4 \pm 1,0$	< 14	$< 0,9$
Les Veredes	"	$15,4 \pm 1,2$	$47,9 \pm 17,9$	$1,0 \pm 0,8$
Can Dalmau	"	$8,6 \pm 0,8$	$11,9 \pm 8,7$	$2,0 \pm 0,4$
Palomares	"	$0,3 \pm 0,2$	< 10	$1,5 \pm 0,4$

Figura 4. Deposició total de Cs en sòls. Bq/m^2 .

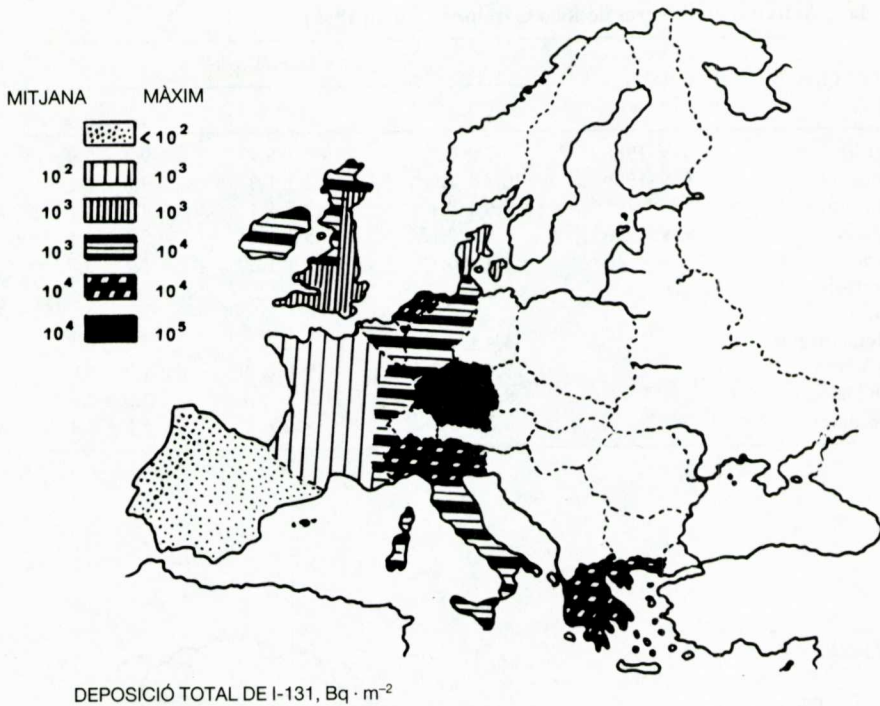


Figura 5. Deposició total de I-131 en sòls. Bq/m².

pea per al radiocesi i per al iode-131 respectivament.¹ Una vegada més observem que els nivells assolits a Catalunya han estat molt més baixos que els mesurats a la resta de països de la C.E.

MESURAMENT DE LA CONTAMINACIÓ EN AIGÜES

Per a mesurar la contaminació a les aigües cal analitzar tant les aigües superficials, que són les que primer reben l'impacte de les deposicions, com les aigües subterrànies, que reben l'aigua per percolació. A Catalunya el nivell de contaminació per radionúclids procedents de Txernòbil ha estat inferior al límit de detecció en les aigües subterrànies. Les aigües superficials analitzades han donat també valors molt baixos, no havent superat mai el valor de 5 Bq/l. Com en tots els casos, el I-131 ha estat el radionúclid que ha donat valors més alts d'activitat.

MESURAMENT DE LA RADIOACTIVITAT EN LA CADENA ALIMENTÀRIA

Els productes agrícoles locals, que poden ésser consumits immediatament i per tant presentar uns nivells de radioactivitat més elevats especialment pel que fa al I-131, són les verdures i la llet. Dins el primer grup, el nostre laboratori analitzà mostres de bledes, api, col, col-i-flor, enciam, pèsols i maduixes. A la taula 6 donem els valors trobats per als radionúclids més representatius en mostres analitzades a Catalunya.

Taula 6. Activitat en mostres de verdures de Vilassar (Maresme).

Mostra	Data	Activitat en Bq/kg		
		¹³⁷ Cs	¹³¹ I	¹⁰³ Ru
Bledes	9-V-1986	5,00 ± 0,25	25,0 ± 0,50	9,4 ± 0,30
Api	"	1,14 ± 0,48	16,8 ± 0,22	1,9 ± 0,08
Col	"	2,27 ± 0,66	9,8 ± 0,20	4,3 ± 0,10
Col-i-flor	"	0,92 ± 0,08	2,5 ± 0,16	1,4 ± 0,10
Enciam	"	17,0 ± 2,10	99,9 ± 0,76	37,0 ± 0,50
Pèsols	"	1,35 ± 0,20	4,8 ± 0,40	2,0 ± 0,20
Enciam	13-V-1986	6,25 ± 0,28	19,3 ± 0,75	10,8 ± 0,43
Bledes	20-V-1986	0,28 ± 0,12	1,2 ± 0,23	0,7 ± 0,17
Api	"	0,24 ± 0,10	0,9 ± 0,20	0,3 ± 0,38
Col	"	1,32 ± 0,16	2,4 ± 0,28	1,5 ± 0,16
Col-i-flor	"	0,33 ± 0,07	0,5 ± 0,13	0,1 ± 0,05
Enciam	"	2,36 ± 0,20	6,7 ± 0,28	2,3 ± 0,17

Per tal de conèixer l'efecte que sobre l'activitat total té el rentatge que hom efectua en les verdures abans d'ésser consumides, foren analitzades també les aigües de rentatge. L'activitat residual després de rentar les verdures disminueix considerablement, essent menys eficaç el rentatge per al I-131, que disminueix un 50%, mentre que els altres radionúclids ho fan un 80%.² Aquest diferent comportament dels radionúclids ha estat atribuït a la forma química. El I-131 es troba en gran part en forma gasosa i pot penetrar més fàcilment per via foliar a l'interior dels vegetals que no pas altres radionúclids que estan en forma particulada. Un aspecte que no ha estat estudiat, però que cal tenir en compte, és el tractament al qual estan sotmesos els aliments abans de llur ingestió i la repercussió que en la pèrdua d'activitat té el procés de cocció. Un estudi sobre la neteja, preparació i condimentació dels aliments en cas d'estar contaminats per una situació accidental és altament recomanable, ja que un bon tractament pot fer disminuir d'una forma espectacular la dosi rebuda per ingestió.

PROBLEMES DERIVATS DE LA CONTAMINACIÓ D'ALIMENTS

Quan ha tingut lloc un accident nuclear de més o menys importància en una zona geogràfica concreta, s'ha produït una contaminació superficial que pot haver afectat els productes agrícoles i en conseqüència els productes animals per ingestió d'aquests. Així doncs, els productes agrícoles contaminats es converteixen en un vehicle de l'exposició de l'home a la radioactivitat, per la qual cosa cal prendre mesures per a controlar o evitar la comercialització d'aquests productes. L'accident de Txernòbil ha mostrat clarament l'abast d'aquest problema i la necessitat de fixar les toleràncies màximes per a tots els productes agrícoles destinats al consum humà, per tal de protegir la salut dels consumidors ensem que hom intenta de mantenir el comerç entre diferents països. A la taula 7 donem les normes dictades per la Comissió de la Comunitat Europea¹¹ referents als nivells màxims de tolerància per a diferents productes alimentaris. Hom observa que a partir del 6 de maig la Comissió establí un límit per al iode i per a l'estronci a la llet. Alhora proposava de suspendre de forma temporal les importacions d'aliments de determinats països de l'Est d'Europa.

Aquests límits foren establerts per contrarestar d'una forma immediata el risc plantejat pel I-131. Com que aquest risc era d'una durada relativa-

Taula 7. Mesures preconitzades per la C.E. sobre la contaminació d'aliments.

Material	Radionúclid	Activitat en Bq/kg				
		C.E. 6-V-86	C.E. 30-V-86	Experts 3-IX-86	Experts 30-IV-87	C.E. 30-V-87
Llet	Iode i estronci	2.000		700	500	500
	Emissors alfa			80	20	20
	Cesi		370	20.000	4.000	1.000
Carn, Verdures i Cereals	Iode i estronci			7.000	3.000	3.000
	Emissors alfa			400	80	80
	Cesi		600	30.000	5.000	1.250
Aigua	Iode i estronci			500	400	400
	Emissors alfa			60	10	10
	Cesi			3.000	700	700
Aliments per a animals	Iode i estronci					
	Emissors alfa					
	Cesi					2.500
Altres	Iode i estronci					3.000
	Emissors alfa					80
	Cesi					1.250

ment curta, hom passà aleshores a fixar l'atenció en els riscos a llarg termini relacionats amb la presència d'altres materials radioactius. Un grup d'experts designat per tal d'assessorar la Comissió de la CE en l'elaboració de les Normes Bàsiques de Seguretat Euratom, recomanà el límit provisional de 1.000 Bq per als radiocecsis per quilo de producte, per al cas especial de Txernòbil, ja que per a aquest accident concret un cop desintegrat de forma natural el I-131 tots els altres materials radioactius eren d'importància relativa pel que fa al risc sanitari. El Consell, però, fixà uns límits inferiors als recomanats pels experts, tenint en compte els límits imposats per EEUU, Suècia i Canadà, que havien establert un límit de 370 Bq/kg pel que fa a la importació de productes agrícoles. Així doncs, foren establerts límits de 370 Bq/kg per a la llet i productes lactis per a aliments infantils, i de 600 Bq/kg per a la resta de productes, normativa que en principi era vàlida fins el 30 de setembre de 1986.

El grup d'experts que treballava en l'estudi dels límits aplicables a la contaminació radioactiva dels productes alimentaris com a conseqüència d'un accident, presentà un informe el dia 3 de setembre de 1986 en el qual recomanava que hom apliqués un sistema que no implicava l'existència d'uns límits fixos permanents, ans al contrari, assenyalava uns límits *ad hoc* en funció d'allò que dictessin les circumstàncies de cada accident en particular. Per al cas concret de Txernòbil, i tenint en compte que com a mitjana l'home rep una exposició de 2 mSv l'any procedent de la radiació natural i els límits de referència per a l'exposició a la radiació de productes alimentaris recomanats per la Comissió Internacional per a la Protecció Radiològica,¹² foren proposats uns nivells màxims de contaminació que són resumits a la taula 7, columna 5. Tal com hom pot observar, els nivells de tolerància acceptables segons la Comissió d'experts són més alts que els dictats pels funcionaris de la CE el 30 de maig de 1986, els quals, veient aquestes conclusions, prolonguen la validesa d'aquells primers límits fins el mes de febrer de 1987. En una nova reunió de científics celebrada a Estrasburg el 30 d'abril de 1987, un any després de l'accident, hom conclougué que els valors proposats per la Comissió de la CE corresponien a valors extrems calculats per a un individu que durant un any consumís un sol producte alimentari. Aquest raonament és poc realista si tenim en compte la varietat en la dieta alimentària en els diferents països, per la qual cosa proposaren unes normes amb uns valors tolerables més alts. Amb aquestes recomanacions finalment, el 30 de maig de 1987, han estat proposades unes normes per la CE que són exposades a la darrera columna de la taula 7. Com podreu observar, els valors tolerables són molt superiors als trobats a Catalunya en qualsevol moment des que es produí l'accident de Txernòbil.

En qualsevol cas, però, aquest accident ha demostrat la necessitat d'estudiar tota una sèrie d'aspectes que poden ésser dividits en dos grans grups; el primer fa referència a les conseqüències immediates i diferides de l'acci-

dent, en especial l'avaluació de la significació i fiabilitat dels models de transport atmosfèric a grans distàncies, l'avaluació de la transferència de radionúclids a la cadena alimentària, i els estudis sobre repercussions a la salut. El segon grup de temes a investigar són els relacionats amb la prevenció de possibles accidents en un futur, tant pel que fa a la seguretat de les instal·lacions nuclears i llur funcionament com a la protecció radiològica.

Diversos organismes, com ara l'Organisme Internacional de l'Energia Atòmica (OIEA) i la Comunitat Europea dins el seu programa de Protecció Radiològica, han aprovat mesures per a impulsar la recerca en aquest camp després de les lliçons apreses per l'accident de Txernòbil. A Catalunya, un grup format per científics de les tres Universitats catalanes, en col·laboració amb les autoritats catalanes, estem impulsant un projecte de recerca relacionat amb l'elaboració d'un pla de resposta en cas de situacions accidentals en centrals nuclears.

AGRAÏMENTS

Els autors agraïeixen al Servei de Coordinació d'Activitats Radioactives del Departament d'Indústria i Energia el permís per a la publicació d'algunes de les dades d'activitat realitzades per encàrrec seu.

REFERÈNCIES

1. Informe de la comissió al Consell i al Parlament Europeu. "L'accident de la central nuclear de Txernòbil i les seves conseqüències dins la comunitat Europea." Octubre 1986. Document COM (86) 607, final.
2. Impact des retombées radioactives en provenance de Tchernobyl sur le site de Saclay. DCENS/SPR/86-272 juillet 1986.
3. Contribución a la determinación del impacto radiactivo en Cataluña originado por el accidente nuclear de Chernobyl. X. Ortega, I. Vallès. II Congreso de Protección Radiológica, Nov. 1987, Toledo.
4. Initial observations of fallout from the reactor accident at Chernobyl. L. DEWELL, H. TOVEDAL, U. BERGSTRÖM, A. APPELGREN, J. CHYSSLER and L. ANDERSON. Nature 321, 192 (1986).
5. Informe sobre la actuación del CIEMAT-JEN en el seguimiento del impacto radiológico producido en España como consecuencia del accidente de la central nuclear de Tchernobyl. CIEMAT/PRYMA/01/86.
6. Radioecological Analysis following the Chernobyl accident. W. KÜHN, C. BUNNENBERG, J. HANDL, M. TÄSCGBER. Seminar on the cycling of long-lived radionuclides in the biosphere: observations and models. Madrid, sep. 1986.
7. Accident Tchernobyl. Resultats des mesures. Document de treball 21 Mai

1986. A. DEBANCHE. Institut National des Radioéléments. IRE. Fleurus, Bèlgica. Seminar.
8. Accident Chernobyl. Centre d'étude de l'énergie nucléaire SCK/CEN. Working document 86-675. Seminar.
 9. Preliminary conclusions to be drawn from the studies of Chernobyl debris in Denmark. A. AARKROT. Risø National Laboratory. Seminar.
 10. Fallout deposition at Monaco following the Chernobyl accident. S. B. BALLESTRA, E. HOLM, A. WALTON, N. E. WHITEHEAD. Seminar.
 11. Proposta de Reglament del Consell de prorrogar el Reglament de la CEE n. 1707/86 relatiu a les condicions de productes agrícoles originaris de tercers països com a conseqüència de l'accident ocorregut a la Central Nuclear de Txernòbil. Document COM (87) 28, final.
 12. Protection of the Public in the Event of Major Radiation accidents: Principles for Planning. Publicació 40 CIPR. Annals de CIPR, vol. 14/2, 1984.