



Amb aquest recull es pretén de presentar un panorama dels problemes de la indústria i de la tecnologia a Catalunya, dels nostres recursos i de les nostres mancances i, d'altra banda, de dissenyar alternatives de solució per tal de triar-ne les vies que semblin més apropiades en aquest moment. Si es té en compte el nombre de comunicacions, la qualitat dels comunicants i dels participants, l'ur coneixement dels temes objecte d'anàlisi i l'esforç fet en la preparació de les comunicacions, el resultat del que es digué i discuti, i del que s'ha escrit, té un veritable pes específic.

AMB LA COL·LABORACIÓ DE

CAIXA DE



BARCELONA

JORNADES DE POLÍTICA INDUSTRIAL I ENERGÈTICA
ASSOCIACIÓ I COL·LEGI D'ENGINYERS INDUSTRIALS DE CATALUNYA

JORNADES DE POLÍTICA INDUSTRIAL I ENERGÈTICA

Volum I

ASSOCIACIÓ I COL·LEGI
D'ENGINYERS INDUSTRIALS DE CATALUNYA



Programes de desenvolupament de l'energia eòlica a diferents països.
Possible aplicació a Catalunya, per Josep Puig.

Pla de prospecció i avaluació dels recursos eòlics a Catalunya, per Conrad Messeguer.

Sistema de connexió automàtica d'aerogeneradors a la xarxa de distribució d'energia elèctrica, per Miquel Cabré.

Centrales macroenergéticas eólicas por conversión coclónica de hasta 100 Megawattios, per Valentín Zapata.

Anàlisi econòmica dels aerogeneradors de baixa potència. Influències de les distribucions analítiques de la velocitat del vent, per José L. Cardona.

Aerogenerador controlado por microprocesador y conectado sobre la red, per José Pascual.

Perspectivas de la contribución del carbón al abastecimiento energético de Cataluña, per Manuel Portis.

El motor asíncrono como generador en pequeñas centrales cogeneradoras, per Enric Santamaria.

Raons tècniques de la difusió del gas natural, per Joan Pons.

El paper del gas natural en el futur energètic de Catalunya, per Jordi Gibert.

L'energia hidràulica a Catalunya, per Paulino Montané.

Disponibilitat de gas i adob a partir de mesquita i residus forestals, per J.M. Roqué.

Situación de la electrificación rural en Cataluña, per José L. Esquedo.

Problemàtica de les minicentrals a Catalunya, per Miquel Boleda i Ramon Gol.

Ahorro y conservación de la energía, per Francesc Castellà.

Estudio energético en invernaderos, per Antonio Matallana, Josep O. Marfà i Pedro L. Parés.

Ahorro energético con sistemas de recuperación de calor y bomba de calor, per Josep Canet.

Reducció del consum de combustible a través de la regulació del trànsit urbà, per Ermenegild Llobet.

Perspectiva del desenvolupament de la bomba de calor a Catalunya, per Ramon Altivill i Xavier Devaldà.

El modelo de decisiones sobre inversiones eléctricas en Cataluña, per José M. Ojea.

Propostes per una legislació que fomenti l'ús de l'energia solar i altres energies renovables així com la conservació, per Josep M.^a Ventura.

Micropolítica energética en los edificios, per Juan Gallostra.

La minería de uranio, estado actual y métodos de evaluación del impacto ambiental sobre el medio ambiente, per Carles Tapia, Antonio Senyé i Enrique Batalla.

Recursos de uranio en Catalunya, per Joaquín Sánchez.

Sobre l'emplaçament de les centrals nuclears a Catalunya, per Antoni Cabré.

Consideraciones sobre el medio ambiente en la política de emplazamiento de

centrales de potencia en Catalunya, per Carlos Tapia.

Avaluació de l'impacte ambiental del sistema de refrigeració de la central nuclear d'Ascó, per Antoni Senyé.

Metodología input-output para el análisis del balance de energía en una central nuclear, per Javier Sabas.

Plan de vigilancia radiológica ambiental de la C.N. de Ascó, per José Moya i Javier Jiménez.

La gestión de Cataluña y su proceso de nuclearización, per Rafael Villar.

L'activitat radioactiva, per Carles Udina, Frederic Pena i Eduard Rodríguez.

Incidència de l'activitat nuclear, per Eduard Rodríguez i Carles Udina.

Seguiment de la instal·lació d'energia solar per a producció d'aigua calenta sanitària instal·lada a Vallbona, per Pere Ll. Pares i Albert Mitjà.

Corrosió de plaques i instal·lacions solars, per Jaume Ribot, J.A. Minguella i M.C. Torrens.

Realitzacions actuals, per J.M. Minguella i M.C. Torrens.

Desenvolupament de sistemes solars passius per a l'acondicionament tèrmic d'habitatges. Programes de cèl·lules-test per a la simulació i experimentació de sistemes passius, per Francesc Bonvehí.

Estat actual de la recerca i activitats de l'energia solar a Catalunya, per M.C. Torrens i J.A. Minguella.

Casa Garriga (casa Solar), per Jocelyn de Botton.

Calibración, homologación y ensayo de células solares y paneles, per J. Cabestany i J. Cañigüeral.

Calefacción de viviendas amb bomba de calor combinada amb energia solar, per Albert Mitjà.

Perspectivas actuales del desarrollo de células fotovoltaicas, per Luis Castañer.

Consideracions per a l'explotació econòmica i càlcul de rendibilitat d'instal·lacions solars a baixa temperatura amb captors plans, per Jordi Falgueras.

Fabricació de col·lectors: Problemàtica de la Indústria, per Marcellí Curcoy.

Les relations croissance économique-croissance énergétique, per Jacques Percebois.



Amb aquest recull es pretén de presentar un panorama de la qüestió energètica a Catalunya i dissenyar alternatives per tal de triar les vies que semblin més apropiades.

Si es té en compte el nombre de comunicacions, la qualitat dels comunicants i dels participants, llur coneixement dels temes objecte d'anàlisi i l'esforç fet en la preparació de les comunicacions, el resultat del que es digué i discutí, i del que s'ha escrit, té un veritable pes específic.

AMB LA COL·LABORACIÓ DE

CAIXA DE



BARCELONA

JORNADES DE POLITICA INDUSTRIAL I ENERGETICA
ASSOCIACIÓ I COL·LEGI D'ENGINYERS INDUSTRIALS DE CATALUNYA

JORNADES DE POLÍTICA INDUSTRIAL I ENERGÈTICA

Volum II

ASSOCIACIÓ I COL·LEGI
D'ENGINYERS INDUSTRIALS DE CATALUNYA



II

JORNADES DE POLÍTICA INDUSTRIAL I ENERGÈTICA
VOLUM II

Edició a càrrec de Lluís J. de Cisneros P.

Amb la col·laboració de
Caixa de Barcelona
Catalana de Gas y Electricidad, S.A.
Empresa Nacional Hidroeléctrica Ribagorzana (ENHER)
Fuerzas Eléctricas de Cataluña, S.A. (FECSA)
Hidroeléctrica Cataluña, S.A. (HECSA)
Térmicas del Besós, S.A.
Empresa Nacional del Petróleo (ENPETROL)
Fuerzas Hidroeléctricas del Segre, S.A.
Hispano-Francesa de Energía Nuclear, S.A. (HIFRENSA)

Comunicacions presentades a les
JORNADES DE POLÍTICA INDUSTRIAL I ENERGÈTICA
dins el cicle "Ciència i Tècnica al Servei de Catalunya"
organitzat per:

Departament d'Indústria i Energia de la Generalitat
Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya (AEIC)
Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya (COEIC)
Institut d'Estudis Catalans (IEC)
Universitat Politècnica de Barcelona (UPB)

Patrocinat pel Departament d'Indústria i Energia de la
Generalitat de Catalunya
Barcelona 15-18 de gener de 1981

© Col·legi Oficial d'Enginyers Industrials de Catalunya

Primera edició: novembre de 1982

Editat per: Edicions Sirocco, Societat Anònima

Sabino de Arana 36, 2on, 1ª

Barcelona 28

Tel. 330 14 12

Portada: Angela Garcia

Foto: Asociación Nuclear de Vandellós

ISBN: 84-85809-10-6

Dipòsit legal: B-39.849-1982

Impress per: Gamma-Graf S.A. Tel. 661 20 89

Printed in Spain

La gestión en Cataluña y su proceso de nuclearización, per Rafael Villar Ve-	267
Murguía	
Programa d'actuació de l'Ajuntament de Barcelona respecte a les radiacions	
ionitzants (primera part): L'activitat radioactiva, per Carles Udina i Cobo,	277
Frederic Pena i Puig i Eduard Rodríguez i Farré	
Programa d'actuació de l'Ajuntament de Barcelona respecte a las radiacions	
ionitzants (segona part): Incidència de l'activitat nuclear, per Carles Udina i	284
Cobo i Eduard Rodríguez i Farré	
3.7. <i>Energia solar</i> : Calibratge, homologació i assaig de cèl·lules solars i panells,	
per J. Cañigüeral i J. Cabestany	302
Líneas para el desarrollo de la energía solar fotovoltaica, per Luis Castañer	317
Condicions per a l'explotació econòmica i càlcul de rendabilitat d'instal·lacions	
solars a baixa temperatura amb captors plans, per Jordi Falgueras	322
Energia solar, per Sebastià March Dalmau	330
Calefacció d'habitatges amb bomba de calor combinada amb energia solar, per	
Albert Mitjà Sarvisè	339
Estat actual de la recerca i activitats de l'energia solar a Catalunya, per M. Clara	
Torrens i J. Anton Minguella	344
3.9. <i>Perspectives</i> : Les perspectives energètiques mundials, per Jacques Percebois	349
Les relations entre croissance économique et croissance énergétique, per	
Jacques Perceboir	358
<i>Cloenda</i> , per Joan Majó Cruzate	367

PRESENTACIÓ

Joan Majó Cruzate

Degà del Col·legi d'Enginyers

Industrials de Catalunya

Membre del consell Assessor d'Energia

de la Generalitat de Catalunya

Es fa difícil encetar aquest llibre, amb unes quantes paraules de presentació, sense caure en el formalisme i en el tòpic de tantes i tantes situacions similars.

En un intent de fugir d'aquest parany, em limitaré a una doble consideració personal que va dirigida a la forma i al contingut.

Aquest és un llibre promogut i preparat per una col·lectivitat de professionals, els enginyers industrials de Catalunya, obert a la participació de molts altres coneixedors del tema i dirigit, amb esperit de servei, a la societat catalana.

El qui el repassi hi trobarà anàlisis, estudis, experiències, suggeriments i propostes, tots ells al voltant de la preocupant qüestió del replantejament necessari de la política energètica a casa nostra, com a conseqüència del trasbalsament internacional dels anys 70.

Aquest llibre vol ser, en la seva forma, una mostra més del neguit, de la preocupació, de l'esforç i del desig de servei al país dels enginyers industrials catalans. Des d'aquestes ratlles jo l'ofereixo a la societat catalana; a les institucions, alhora que demano que amb aquest esperit sigui rebut.

El contingut del llibre és dens, com varen ser denses les jornades que l'han fet néixer. Jo voldria deixar aquí testimoni d'una de les més clares conclusions personals d'aquelles jornades, que es reproduïx ara a la lectura dels textos.

La conclusió és extraordinàriament senzilla, però malgrat això crec que no està assolida per la gran majoria de la nostra societat. Com que per mi és un instrument de treball, la tinc formulada esquemàticament en quatre frases i així l'ofereixo com a cloenda d'aquesta breu presentació:

"L'esgotament i l'encariment de les fonts tradicionals d'energia demana una urgent tasca de recerca de fonts alternatives o substitutòries.

Alhora que s'intensifica i es dona suport a aquesta tasca, cal descobrir i no oblidar mai que, a curt termini, la font alternativa amb més potencialitat, si no l'única, és l'estalvi.

El nivell de mal ús energètic és tan elevat que es poden assolir disminucions molt importants de consum sense afectar gairebé la qualitat de vida i el confort.

El mecanisme dels preus no és suficient per aconseguir que les decisions individuals comportin el nivell d'estalvi necessari i cal per tant una intervenció normativa dels poders públics, en el sentit de reducció del consum energètic".

la época del año, el día de la semana o la hora del día, nos imaginamos que si no es conveniente variar el ritmo de una central nuclear, éste no se marcará a partir de promedios, porque si así fuese en los momentos de máxima demanda se desconectaría automáticamente (es algo parecido a lo que pasa en nuestras casas cuando tenemos muchos aparatos eléctricos en funcionamiento y la demanda eléctrica es muy elevada, como la capacidad de energía eléctrica que entra en nuestra casa es inferior a esa demanda, se funden los plomos, se desconecta de la red), esto querrá decir que, como mínimo, el ritmo deberá ser igual al momento de máxima demanda. ¿Qué hacer con la energía eléctrica que "sobra" en otros momentos?, pues situar puntos de demanda próximos a la central. Continuamos de esta manera consumiendo para producir.

Este debate generalizado que proponemos es el que, con seguridad, hará alcanzar un camino de salida a la crisis actual, para Catalunya. Debate que no se puede realizar aisladamente de la elaboración de un Plan Director Territorial de Catalunya, que partiendo de la voluntad democrática de los habitantes del territorio, asegure las pautas sociales y económicas que queremos seguir y que reconozca que el medio ambiente y la naturaleza son valores nacionales que se deben proteger y que los recursos naturales y las fuentes energéticas forman parte de un Patrimonio común, que ha de ser utilizado racionalmente.

Solamente mediante este Plan Director, podrá Catalunya articular unos derechos y deberes de los ciudadanos y unas atribuciones y responsabilidades del Gobierno Catalán, que consolide la ordenación territorial como el eje vertebrador entre recursos energéticos, medio ambiente y planificación industrial y urbanística así como el eje de equilibrio dinámico entre recursos, actividad económica y mejora de las condiciones de vida y trabajo.

Programa d'actuació de l'Ajuntament de Barcelona respecte a les radiacions ionitzants (primera part): l'activitat radioactiva.

Carles Udina i Cobo
Residencia de la Seguretat Social*
Frederic Pena i Puig
CSIC*
Eduard Rodríguez i Farré
Area de Sanitat de l'Ajuntament*

Respecte als treballs que s'estan promovent des de la Ponència Municipal de Radiacions Ionitzants, s'exposen breument la motivació d'aquest programa, els coneixements actuals de què ja es disposa sobre aquesta problemàtica, les actuacions immediates derivades, així com les actuacions globals o futures. S'exposen igualment els condicionants i peculiaritats inherents en el tema. Aclarida la diferenciació entre activitat radioactiva i activitat nuclear, es fa patent la importància de l'activitat radioactiva com un notable factor contaminant en una zona urbana, fins avui totalment ignorat a casa nostra.

Aquest treball és una actuació i complementació d'un altre de presentat a les Jornades Municipals del Medi Ambient (Barcelona, juliol 1980).

Motivació i característiques generals del problema

Fins aquest any 1980 l'Ajuntament de Barcelona desconeixia tota l'activitat radioactiva que es realitzava en el seu terme municipal. Alguns altres organismes governamentals disposaven de coneixements sobre aquesta activitat, però només de forma parcial i en gran part sense control. Com a primera conclusió, és clar que qualsevol actuació en aquest respecte ha de començar pel coneixement detallat i complet de la dita activitat, així com dels seus efectes de la salut de l'home.

D'altra banda, i com succeeix amb tots els altres agents contaminants, el risc que les radiacions ionitzants originen en l'home que s'hi troba, és en general desconegut pel públic que no és conscient del problema. Això, tant a nivell de l'home del carrer com del professional que manipula o utilitza aparells o substàncies productores de radiacions ionitzants. És també clar que el primer títol dret a estar informat de tot el que es refereix a aquesta activitat radioactiva de la ciutat, i el segon, caldrà formar-lo adequadament perquè es pugui comportar de manera responsable i exigir-se-li, per tant, un comportament cívic.

També és característic de tots els problemes del medi ambient:

1) la parcialització del problema entre nombrosos organismes, que actuen de forma descoordinada, fent estèril qualsevol actuació que s'hagi pogut fer. És obvi que

*De la Ponència Municipal sobre Radiacions Ionitzants a la qual dona suport l'Ajuntament de Barcelona.

caldrà en conseqüència una actuació coordinada entre tots aquests organismes si es vol obtenir resultats satisfactoris en la resolució del problema.

2) l'obtenció d'infraestructura per avaluar el problema. Això comprèn tant la falta de personal capacitat com de mitjans tècnics de treball. Cal en conseqüència fer plantejaments realistes i començar per formar o integrar els experts que siguin necessaris, així com crear la infraestructura de treball que els calgui. És a dir, es parteix de "zero".

Finalment s'ha de remarcar que des del punt de vista científic les radiacions són un tema relativament nou. El descobriment i la producció de Raigs X (radiació electromagnètica ionitzant originada en la zona externa dels àtoms) es fa als darrers anys del segle passat. La radioactivitat (radiació electromagnètica i/o corpuscular ionitzant originada en els nuclis dels àtoms) és descoberta ja al nostre segle i el seu estudi és encara molt incomplet (especialment la radiobiologia i la física de partícules).

Respecte a la radiobiologia, ciència que estudia l'efecte de les radiacions en la realitat biològica, cal recordar que aquests efectes són retardats (apareixen passats dies, mesos, i àdhuc generacions), la qual cosa palesa la dificultat del seu estudi. La invisibilitat i insensibilitat de l'home a les radiacions ionitzants, que pot arribar a rebre quantitats de radiació molt superiors a la mortal, sense experimentar la més petita sensació, posa una altra dificultat addicional a aquest negatiu agent medi ambiental.

Cal afegir també que les radiacions ionitzants no originen en general patologies específiques, raó per la qual, llevat d'irradiacions molt fortes, és difícil poder afirmar individualment que una malaltia ha estat produïda com a efecte d'una irradiació. Aquestes afirmacions només poden fer-se mitjançant estadístiques collectives.

Dels tres paràgrafs anteriors traiem una nova conclusió que és la gran rigorositat tant tècnica com científica requerida per al tractament d'aquest problema.

Característiques urbanes específiques

Una gran ciutat, i més en el cas de Barcelona, està caracteritzada per la seva concentració tant de persones com d'indústries. Si recordem que la radiació que rep un objecte d'un focus, és inversament proporcional a la distància que els separa elevada al quadrat, és fàcil veure que la concentració d'una ciutat pot originar que sigui molt important l'efecte de petits focus emissors, però que cal suposar molt nombrosos i pròxims.

A més, la mateixa proliferació de focus emissors de radiacions origina serioses dificultats quan se n'intenten establir mesures de seguretat i control, i àdhuc un simple inventari.

Les normatives, i més en concret la inspecció, són en aquest cas necessàries però ensenys insuficients. Cal confiar preferentment en una correcta conscienciació de la població tal com ja s'ha exposat.

Radioprotecció. Conclusió genèrica

Hi ha això, no obstant, i de forma contraposada, una importantíssima característica del problema que el fa resoluble: la protecció contra les radiacions o radioprotecció, una disciplina que en el cas de l'activitat radioactiva permet minimitzar tant com es vulgui el risc i els efectes de les radiacions. Cal aclarir que en l'activitat radioactiva no s'esdevenen els debatus fenòmens de fissió i fusió característics de l'activitat nuclear, la qual cosa origina tota la complexa problemàtica derivada.

Com a conclusió genèrica es pot dir que el problema de les radiacions ionitzants es pot solucionar plenament, només que es tingui en compte tot el que s'ha dit en el primer apartat. A més a més, l'existència d'actuacions clarament eficaces a moltes ciutats de països capdavaners, permet, pels coneixements que han aportat aquests, treballar amb confiança i seguretat d'aconseguir resultats positius.

Primer Objectiu del Programa: Avaluació de l'activitat radioactiva

Podem considerar cinc aspectes diferents a conèixer:

a) inventari de tots els focus productors de radiacions ionitzants, amb les seves característiques d'interès (activitat i/o exposició, blindatges, mesures de seguretat...), classificació d'aquests...

b) inventari de totes les persones que per raó de la seva professió estiguin exposades a les radiacions ionitzants.

c) inventari bibliogràfic sobre les radiacions ionitzants i matèries afins (llibres, revistes, articles, congressos, conferències...). Catalogació del material d'aquest ordre que existeixi a la ciutat de Barcelona i que pugui ésser accessible al públic; la seva complementació.

d) inventari de la legislació existent, estudi de les competències dels diferents organismes. Localització de buits i interferències mitjançant estudis comparatius.

Segon Objectiu del Programa: Avaluació de l'efecte en el ciutadà

Per a això, caldrà avaluar la quantitat d'irradiació (anomenada dosi) a la qual està sotmès el ciutadà individualment i col·lectiva, d'on deduir, en una primera aproximació, els efectes patològics corresponents a aquestes dosis. Existeixen principalment tres camins per a aconseguir-ho:

a) control dosimètric mensual del personal exposat a les radiacions ionitzants per raó de la seva professió. Control mèdic periòdic.

b) carnet sanitari individual de la població on recollir totes els diagnòstics i/o tractaments mèdics que indiquin irradiació.

c) control i vigilància dels nivells ambientals de radiació, amb una xarxa per a mesurament periòdic de mostres d'aire, d'aigües (principalment residuals) i altres (materials construcció, manufacturals...). Càlcul de la "dosi de fons" a què està sotmès el ciutadà mitjançant una mostra representativa d'aquests.

Les avaluacions corresponents a aquests dos objectius ja esmentats requereixen com a suport un banc de dades que faci manipulable tot aquest gran volum d'informació. Això permetrà alhora facilitar el control de les instal·lacions radioactives, dels transports de substàncies radioactives o radionúclids (mal anomenats radioisòtops o isòtops radioactius), acumular i vigilar les dosis que rep el personal professionalment exposat, millorar els estudis epidemiològics existents sobre l'efecte de les radiacions en l'home, etc.

Tercer Objectiu del Programa (A mig i llarg termini): actuació de l'Ajuntament junt amb els altres Organismes implicats

En la mesura que es conegui la situació de la contaminació radioactiva actual o futura a la ciutat de Barcelona, es podran tenir fornamentals reals per a establir un programa d'actuació per a reduir-la al màxim.

Els camps d'actuació generals són els següents:

a) formació de l'utilitzador i/o explotador i manipulador de focus productors de radiacions: coneixement del risc general i específic en cada cas, coneixement de la protecció necessària per minimitzar i si és possible evitar totalment aquest risc, facilitar els criteris per poder discernir sobre la justificació de la utilització de les radiacions i per tant possibilitar un comportament responsable.

b) informació gradual, seriosa i assequible al ciutadà, mitjançant campanyes públiques, d'aquesta problemàtica. Més específicament, introducció de la temàtica (conjuntament amb tota la problemàtica del medi ambient) a les escoles i a la universitat.

c) Control de l'activitat radioactiva a tot el terme municipal. El control, ha d'interpretar-se com un servei d'assessorament directe a l'usuari, i la inspecció serà una simple constatació per a confirmar la correcció de la instal·lació i el seu ús.

Com a objectius més concrets o puntuals se'n poden citar d'altres, la resolució dels quals ha d'ésser immediata.

d) facilitar un servei d'evacuació o recollida pública de residus radioactius i que per tant comporti uns costos raonables que permetin exigir l'evacuació per aquest conducte de tots els residus produïts, dels quals actualment la major part són llençats per l'usuari a la xarxa d'aigües residuals (aigüera, clavegueres...).

e) aconseguir que el tren amb els residus radioactius (productes de la fissió del reactor) de la Central de Vandellòs, no siguin transportats a través de la ciutat de Barcelona, ja que per la gran població de la ciutat i l'alta activitat d'aquests, suposa un risc totalment innecessari i òbviament injustificable.

f) previsió d'un pla d'emergència, en casos d'accidents per radiacions. Com a última etapa d'aquest pla, preveure un sistema de tractament d'irradiats mitjançant la formació a l'estranger d'un grup de metges que disposin dels coneixements necessaris per a aquests casos.

Mitjans d'organització

A proposta del Consell Municipal del Medi Ambient, l'Alcaldia va nomenar una Ponència de cinc persones per a cobrir els diferents aspectes tècnics, tant físics com mèdics i administratius; els de divulgació; etc., de les radiacions ionitzants.

La ponència promou els estudis que porten a l'elaboració de programes i propostes a l'Ajuntament.

Aquests es fan coordinadament i en col·laboració amb un grup de treball municipal en el qual estan representades totes les Àrees i/o Serveis implicats.

Alhora es disposa d'una comissió tècnico-administrativa d'assessorament, formada per experts i observadors de tots els organismes de rang paral·lel o superior a l'Ajuntament (Departaments de la Generalitat, Ministeris, Universitats...) que discuteix, col·labora, i assessora sobre tots aquests programes, facilitant a més la necessària coordinació per a les actuacions que se'n deriven.

Des del proper mes de gener de 1981 la Ponència disposarà del suport tècnico-administratiu de la nova Oficina del Medi Ambient de l'Ajuntament de Barcelona.

Tots aquests treballs, propostes i programes són finalment assumits per l'Ajuntament, que els realitza en funció del seu interès i dels mitjans de què pot disposar.

Activitats fetes fins a l'any 1980

Des de la formació de la Ponència, ara ja fa un any, les seves activitats han estat bàsicament dues:

- 1) Obtenir informació per conèixer la situació real de la problemàtica.
- 2) Intentar crear una coordinació a nivell de tots els organismes implicats. Més concretament, les tasques realitzades i/o iniciades han estat:

- 1) Inventari de focus

S'ha estimat al terme municipal l'existència de 200 instal·lacions d'aplicació industrial i/o comercial. De les d'aplicació mèdica, que en totalitzen mil, 100 utilitzen radionúclids encapsulats o no encapsulats, 200 són de RX, bé sigui per a teràpia o per a radiodiagnòstic en general, excloses les instal·lacions de radioscòpia, i finalment hi ha 700 instal·lacions de radioscòpia.

El nombre d'elles ja inventariat varia segons els casos, però en conjunt s'aproxima a la meitat del total de 1.200 instal·lacions estimades.

Alhora es té coneixement de focus emissors petits homologats, i que per tant no són considerats com a instal·lacions radioactives. Per exemple hi ha a la ciutat més de 2.000 paral·lamps radioactius.

- 2) Inventari del personal professionalment exposat

El nombre d'aquestes persones deu superar les 10.000, de les quals 2.500 corresponen a l'àmbit industrial i/o comercial i 7.500 a l'àmbit mèdic. Actualment, per la situació de l'inventari de focus, es podrien conèixer prop de 4.000 d'aquestes persones.

- 3) Inventari bibliogràfic

Es disposa actualment de 2.500 referències (llibres, revistes i articles) sobre el tema, que estan degudament classificades (teoria, protecció, efectes...). D'elles només una petita part localitzades a Barcelona.

El Consorci de Documentació i Informació de Catalunya està complementant de moment aquest nombre amb 5.000 referències més, gairebé totes posteriors al 1970, acompanyades del corresponent resum i la possibilitat d'aconseguir còpies de quasi totes elles. Aquest nombre s'implementarà progressivament i també s'actualitzarà periòdicament.

També és previst de localitzar, d'aquest extens material, el que hi ha disponible a les moltes biblioteques generals o específiques de la Ciutat.

De tot això s'editaran els corresponents catàlegs per a coneixement del públic.

Es va adquirint, per part de l'Àrea Municipal de Sanitat, una biblioteca bàsica que permeti disposar de la informació més imprescindible per als diferents problemes que puguin presentar-se.

4) Estudi de la Legislació

S'ha recopilat tota la legislació existent, i s'han iniciat diversos estudis que han calgut.

5) Control dosimètric personal

S'ha iniciat el control dosimètric d'una part del personal laboral municipal, exposat professionalment a les radiacions ionitzants. Aviat aquesta mesura s'estendrà a la totalitat del personal municipal (aproximadament 250 persones).

S'han iniciat a través de la Generalitat (Departament de Sanitat) diverses gestions i estudis per poder facilitar aquest servei de control dosimètric i mèdic al total de les 10.000 persones exposades al terme municipal. S'ha previst que el servei sigui extensible al cens de 20.000 que en conjunt s'estima per a tot Catalunya.

6) Banc de Dades

S'ha començat la realització dels corresponents programes que permetran manipular àgilment les dosis acumulades de tot el personal professionalment exposat, així com tota la informació dels focus productors de radiacions. Això permetrà, a més, la realització d'enquestes i, en un futur, estudis epidemiològics.

7) Carnet Sanitari

Ha estat assumida pel Departament de Sanitat de la Generalitat la inclusió en el Carnet Sanitari de les exploracions mèdiques radiològiques per evitar exploracions innecessàries i/o duplicitats d'aquestes. S'està estudiant la redacció concreta per incloure-la en la propera edició del Carnet (l'any 1882).

8) S'ha organitzat la taula de Radiacions Ionitzants dintre de les darreres Jornades Municipals del Medi Ambient (juliol 1980) i s'ha participat en la taula de Contaminació física i química del medi del XI Congrés de Metges i Biòlegs en Llengua Catalana.

9) S'ha promogut una col·laboració entre la Junta d'Energia Nuclear, l'Institut de Tècniques Energètiques (Universitat Politècnica) i l'Àrea de Sanitat de l'Ajuntament per un programa de formació del personal manipulador a les instal·lacions radioactives.

10) S'han iniciat diverses gestions amb el fi d'aconseguir la màxima

descentralització de les tasques de control de les instal·lacions radioactives de segona i tercera categoria.

11) Realització de diversos estudis i memòries que han calgut. D'aquests, els corresponents a transports de residus de la central nuclear de Vandellòs, a plans d'emergència en cas d'accident radioactiu, i a un pla de tractament d'irradiats, han estat presentats simultàniament a aquestes Jornades.

Actuacions concretes previstes per a l'any 1981

Les actuacions concretes ja programades són:

1) Prosseguir l'inventari de focus i de personal exposat

2) Prosseguir l'inventari bibliogràfic i completar el fons bàsic de bibliografia

3) Enllestir els estudis sobre la legislació

4) Facilitar un servei de control dosimètric a tot el cens de personal professionalment exposat del municipi (10.000 persones) que sigui extensible a tot Catalunya.

5) Conclusió de la gestió puntual sobre el Carnet Sanitari

6) Posada en marxa del Banc de Dades

7) Constitució de Comitès de Seguretat i Protecció Radiològica a totes les instal·lacions radioactives que dependen de l'Ajuntament.

8) Posada en marxa del programa de col·laboració JEN-INTE-Àrea de Sanitat anteriorment esmentat, amb dos cursos de formació d'operadors d'instal·lacions radioactives a preus assequibles. Realització d'un programa d'Higiene de les radiacions per aquells.

9) Realització d'una campanya d'informació i divulgació bàsica al municipi sobre les radiacions ionitzants, les seves aplicacions i la prevenció i protecció dels seus efectes nocius.

10) Formació del personal necessari per a portar el control de les instal·lacions radioactives de segona i tercera categoria. Formalitzar a través de la Generalitat la corresponent descentralització de la funció de control.

11) Elaboració de l'estudi i programa global sobre la problemàtica, així com dels temes sectorials que calgui.

12) Dintre de l'anterior actuació, destaquen com a fet puntual l'estudi i projecte de creació d'un servei de recollida periòdica de residus radioactius de caràcter públic i a preus assequibles que permeti la correcta evacuació dels radionúclids utilitzats.

Programa d'actuació de l'Ajuntament de Barcelona respecte a les radiacions ionitzants (segona part): Incidència de l'activitat nuclear

Carles Udina i Cobo
Àrea de Sanitat. Ajuntament de Barcelona*
Eduard Rodríguez i Farré
CSIC*

S'exposa el resum de l'estudi i proposta d'actuació que s'està elaborant des de l'àmbit de la Ponència Municipal de Radiacions Ionitzants, sobre la problemàtica que es deriva del trànsit per la ciutat de Barcelona dels residus radioactius originats en el reactor nuclear de la Central de Vandellòs.
A part de la conclusió clara sobre la necessitat d'evitar el pas del tren per zones tan densament poblades, es tracta sobre la previsió d'una situació d'emergència en cas d'accident, i el posterior tractament de les persones afectades.

Introducció

Els riscos que comporta a l'home l'activitat nuclear per a la producció d'energia, són objecte d'estudi des de l'inici d'aquesta activitat.
La justificació de l'activitat nuclear no contempla la valoració de conveniència d'utilitzar tota l'energia que pugui ésser consumible o pel contrari la conveniència de racionalitzar i/o limitar les necessitats energètiques. Aquesta valoració no és un problema exclusiu tècnic de l'energia nuclear sinó que es d'àmbit més global i correspon a la valoració de determinats models energètics i socials.
En conseqüència, la justificació que es dona a l'activitat nuclear es fa exclusivament en termes comparatius: el risc que comporta l'activitat equivalent, que seria necessària com a alternativa energètica viable.

Tot i la ja expressada limitació, aquesta valoració comparativa no és simple per la magnitud del problema i les moltes hipòtesis que hi intervenen. Això origina les conegudes divergències sobre la justificació o no de la utilització de l'energia nuclear.
No és objecte d'aquest treball aportar noves valoracions absolutes o comparatives del risc nuclear, de forma global, o discutir les ja fetes. Amb independència d'aquestes, les valoracions globals a favor o en contra de la utilització de l'energia nuclear, estudiem el fet puntual i aïllat del transport de residus radioactius d'un reactor a través de la ciutat de Barcelona i en treiem les corresponents conclusions.

El treball es complementa amb una breu síntesi sobre un pla d'emergències per un accident radioactiu, així com un altre sobre la forma d'assistir mèdicament els possibles irradiats i/o contaminats.

*De la Ponència Municipal sobre Radiacions Ionitzants a la qual dona suport l'Ajuntament de Barcelona.

El problema del transport per la ciutat de Barcelona del residus radioactius de la central nuclear de Vandellòs

Generalitats

La central electro-termo-nuclear de Vandellòs (Baix Camp) subministra una potència elèctrica de 500 MW (megavats) mitjançant un reactor nuclear de 1.750 MW de potència tèrmica.

El combustible utilitzat en el reactor de Vandellòs és urani amb la proporció natural dels seus dos nuclis més abundants: 99,3% d'urani-238 i 0,7% d'urani-235.

El transport per subministrar aquest combustible no presenta un problema d'especial relleu, si el comparem amb el problema aquí tractat del combustible residual.

L'activitat d'una tona d'urani natural metàl·lic és aproximadament de 1.000 curies. El curie, unitat d'activitat, correspon a 37.000 milions de desintegracions cada segon.

El total de combustible que conté el reactor és de 440 tones distribuïdes en 44.000 cartutxos o elements amb uns 10 kg d'urani cada un d'ells. Un cop el reactor en marxa, el combustible utilitzat es va reemplaçant gradualment per combustible nou, a raó d'un terç del total cada any. És a dir, en tres anys es renova completament tot el combustible del reactor o, el que és equivalent, cada element combustible passa tres anys abans no és reemplaçat. De fet com el reactor no treballa mai a ple rendiment i periòdicament hi ha parades tècniques i/o imprevistes, aquest període s'allarga a quatre anys i així anualment es renoven només unes 100 Tm d'urani.

En el reactor es produeix la coneguda fissió de l'urani, per efecte del bombardeig amb neutrons lents, que origina com a resultat, de cada àtom d'urani fissionat, dos nous àtoms anomenats productes de la fissió.

Aquesta reacció nuclear de fissió produeix a més dels dos àtoms fissionats:
1) Notable quantitat d'energia calorífica que s'aprofita per a la producció d'energia elèctrica amb un rendiment aproximadament del 30%.

2) Radiació gamma que és absorbida pel blindatge del reactor.
3) Nous neutrons. Aquests neutrons produiran noves fissions (reacció en cadena), també produiran plutoni per transmutació a partir de l'urani, o activaran tot tipus de materials del reactor.

Per això el combustible retirat del reactor és notablement diferent de l'inicial. La seva composició en pes és la següent:

98,67 %	238 92	U
0,33 %	235 92	U
0,22 %	239 94	Pu
0,09 %	240 94	Pu

0,02 % $\begin{matrix} 241 \\ 94 \end{matrix}$ Pu

0,6 productes de fissió ($\begin{matrix} 90 \\ 38 \end{matrix}$ Sr, $\begin{matrix} 137 \\ 55 \end{matrix}$ Cs...)

Els productes de fissió més característics, per la seva toxicitat¹ radioactiva, són l'estrónci-90 (període de semidesintegració: 27,7 anys, fàcilment incorporable a l'organisme) i el Cesi-137 (període de s.d.: 30,0 anys).

El combustible és retingut uns cinc mesos abans de ser transportat en unes piscines d'aigua, especialment construïdes, perquè es refredi i perdi bona part de l'activitat que tenia en el reactor.

En el moment del transport, per cada tona de combustible, la potència tèrmica és d'uns 3.000 wats i l'activitat total és de diversos milions de curies.

Com que és difícil fer-se una idea significativa de la toxicitat que impliquen tots aquests residus diguem que només del plutoni-239 en una tona de residus (2,2 kg) n'hi ha 40.000 dosis letals -30 dies² per a l'organisme humà.

Si bé en conjunt, considerant tots els radinuclis i la seva toxicitat, en 15 tones de residus hi ha una dosi letal potencial per a uns quants milions de persones, cal valorar aquestes xifres en el seu just terme, ja que en el pitjor cas, si s'arribés a disseminar una part important d'aquesta quantitat, només una fracció sensiblement petita d'aquesta quantitat seria incorporada posteriorment pels éssers humans, bé directament, bé a través de les cadenes tròfiques.

Aquesta extraordinària activitat i la presència de radinuclis com el plutoni i l'estrónci en el combustible "cremat" són la causa dels problemes que crea el seu transport a les plantes de reprocessament.

El transport des del reactor de Vandellòs fins a la planta de reprocessament de la Hague (França-nord) es fa per ferrocarril, actualment a raó d'un transport cada dos mesos aproximadament.

Cada transport consisteix habitualment en tres conjunts de residus de 5 tones cada un, que totalitzen per tant un total de 15 tones d'urani, plutoni i productes de fissió. Cada conjunt de 5 tones de residus està contingut en una sèrie de contenidors i proteccions³ que en conjunt formen els anomenats castells, de pes total 60 tones cada un d'aquests castells.

¹Vegeu respecte d'aquest concepte l'annex "Activitat, Període de Semidesintegració i Radiotoxicitat".

²Els efectes de les radiacions són retardats i així els efectes d'una dosi letal (estimada en 450 rems si l'ha rebuda l'organisme sense i no hi ha tractament posterior), apareixen des de una setmana més tard a alguns mesos després. Una dosi letal -30 dies vol dir que en aquest temps s'han mort ja el 50% de les persones irradiades, i és possible que alguna fracció arribi a sobreviure un any o fins i tot més. Amb dosis menors que la letal -30 dies, pot originar-se també mortalitat, si bé menor, seguint una certa proporció.

³Les pròpies beines d'origen, de cada un dels cartutxos amb 10 kg de combustible, és la primera protecció, a la qual s'afegeix tot el conjunt del castell. Aproximadament per cada quilogram de combustible irradiat són necessaris 10 kg de materials protectors.

El transport es fa per ferrocarril, el qual travessa fins a arribar a França totes les zones més densament poblades de la geografia catalana. Més concretament la ciutat de Barcelona, de manera que una població de tres milions d'habitans està localitzada a menys de cinc quilòmetres del pas del tren.

Aquesta circumstància peculiar origina el problema tractat aquí, que com s'anirà veient és un problema puntual i independent dels diferents plantejaments existents sobre l'energia nuclear.

Valoració del problema

L'argument amb què es dona justificació a l'activitat nuclear (comporta un risc com a màxim menor que el d'altre tipus d'activitat equivalent necessària com a alternativa energètica viable) no té aquí cap sentit aplicar-lo: el transport dels residus de Vandellòs tenen l'alternativa evident de passar per altres zones d'una densitat demogràfica enormement inferior i conseqüentment, el transport comportaria un risc nociu en cas d'accident, també enormement inferior. És, doncs, prou clar que el problema no és un qüestionament tòpic de l'activitat nuclear sinó una simple argumentació de sentit comú d'un fet marginal que es detalla tot seguit.

Cal dir d'entrada que la concessió del permís de construcció de la central de Vandellòs, hauria d'haver anat paral·lela amb la construcció d'una via de transport dels residus que evités almenys el pas per les ciutats de Barcelona, Girona i Tarragona, com a condició *sine qua non*. Hi ha, des de la simple alternativa del transport per carretera fins a la construcció de desviacions als trajectes de l'actual ferrocarril.

No tenim notícia d'un transport regular d'aquestes característiques en una zona tan densament poblada (50.000 habitants/km²). Més encara, aquest tipus de transports han estat prohibits en zones de l'estranger, molt inferiorment denses.

Del període 1968-1970 sobre un total de 100.000 transports, l'Atomic Energy Commission (EUA) recollia 30 accidents de transport radioactiu, d'ells un de la classe V (amb dispersió aèria) i cinc de la classe IV (dispersió de material radioactiu a terra o en la via del transport però sense major extensió o dispersió aèria). Principalment els accidents corresponien a transports del tipus A, però no del B (tipus aquest últim a què correspon el transport de residus de Vandellòs). En el 75 % dels casos els motius eren originats directament per errors humans.

Paral·lelament es calculava que la probabilitat d'accidents per ferrocarril era d'un per cada 600.000 km de trajecte. Si considerem els 15 km de recorregut al llarg de Barcelona la probabilitat per a cada recorregut seria $2,5 \times 10^{-5}$. És a dir, cada 40.000 viatges o transports caldria esperar un accident de qualsevol tipus, no necessàriament greu.

Fins avui s'han fet quasi trenta transports de residus de la central de Vandellòs a través de Barcelona.

Les probabilitats que succeís un accident greu que impliqués pèrdua del combustible residual transportat són evidentment molt més petites. Per una banda, els castells o contenidors han sigut molt positivament experimentats mecànicament, però

per altra banda, pel reconegut factor humà, tot i que també improbable però real: ¿qui pot negar la possibilitat d'errors humans en la manipulació dels castells que facin inútils les seguretats mecàniques? Errors d'aquest tipus han pogut ésser constatats en diferents ocasions.

Suposem que segons les anteriors dades només de cada milió de viatges al llarg de Barcelona, calgui esperar un accident greu (o sigui un accident greu de cada 25 accidents). ¿Són aquestes xifres o d'altres de més optimistes que es proposin prou justificació? És clar que no ho són en absolut per dues raons:

1) Aquestes xifres poden ésser significatives en el país on s'han basat (EUA), però no en un país on els accidents ferroviaris van sent un fet rutinari, i no cal fer memòria, perquè la situació és prou alarmant per fer vàlids arguments d'improbabilitat.

2) Els danys en el cas d'un accident amb pèrdua del contingut radioactiu, per molt que es pretengui argumentar la improbabilitat, afectarien tres milions de persones; com a mínim paralitzarien totalment l'activitat ciutadana, i en un cas molt més pessimista podrien afectar greument tota la població. Veurem més endavant quina seria la problemàtica que s'originaria en algun d'aquests casos.

Existeixen criteris clars en l'emplaçament de les centrals nuclears. Per exemple, el 1960 fou denegada la construcció de la central de Ravenswood (EUA) per les corresponents autoritats, per raó de la immediata proximitat a zones excessivament poblades: cinc mil persones a menys de cinc quilòmetres, i vint mil a menys de cinquanta.

En les reglamentacions internacionals del transport no és possible trobar criteris similars per raons òbvies: el transport per definició és mòbil i admet a més diferents itineraris, entre els quals caldrà escollir òbviament el més segur.

Tot i que es volgués ignorar l'anterior obvietat, existirien nombroses argumentacions com la que segueix.

Un transport de 15 tones de combustible residual, com és habitual en el nostre cas, no és més que una trentena part del combustible del reactor. No seria correcte equiparar aquesta quantitat de combustible a una central nuclear d'uns 20 MW (reactor que contindria 15 tones de combustible) ja que no existeix la possibilitat que succeeixi cap dels possibles accidents o incidents d'un reactor per les circumstàncies físiques radicalment diferents. No obstant això, hi ha altres possibles accidents, els derivats del transport, que no són tampoc possibles en una central. No és necessari comparar la probabilitat d'accident entre un reactor i un transport per veure que per desigual que fos, difícilment podrien compensar-se amb els efectes tant desiguals sobre cinc mil persones (població situada a menys de cinc quilòmetres de la denegada central de Ravenswood) o sobre tres milions (població a igual distància, del transport per Barcelona dels residus de Vandellòs).

Afinarem més. El reactor urbà de 5 MW de Los Alamos (EUA), tenint en compte la població que l'envolta, origina segons els estudis de seguretat fets, una probabilitat d'una mort immediata per efecte de la radiació directa cada 10^{10} anys (deu mil milions d'anys) a una distància de 5 km.

En el cas del transport, ningú no negarà que com a mínim la probabilitat

d'accidents de ferrocarril a Espanya és deu vegades més gran que als EUA. Caldria saber si existeixen estadístiques serioses fetes sobre això per la RENFE. Així que com a mínim cada 100.000 trànsits per Barcelona del tren radioactiu cal esperar un accident greu. Fent sis transports l'any caldrà esperar cada 15.000 anys un d'aquests accidents greus. En aquests cas seria molt optimista pensar que les implicacions de l'accident, per les emanacions radioactives, originessin amb el temps només un mort. Fins i tot en aquesta suposició, que serà comentada tot seguit, resulta que sense comptar les implicacions econòmiques de l'accident (com a mínim evacuació d'una zona de la ciutat durant setmanes) els riscos del transport de residus per la ciutat de Barcelona del reactor de 500 MW de Vandellòs són 600.000 vegades més grans que el que origina el funcionament del reactor.

Hem parlat en tot moment de xifres al màxim d'optimistes o favorables i que evidentment no serien compartides pels sectors internacionalment més crítics o els sectors contraris a la utilització de l'energia nuclear:

La London Regional Anti-Nuclear Alliance estima que en la hipòtesi de ruptura dels contenidors de residus altament radioactius, resultaria contaminada una àrea de 20 km de radi, es produirien 8.000 càncers addicionals (a part dels directament afectats), i resultaria inhabitable durant 70 anys una zona de 5 km de radi. Fins i tot suposant que calgués reduir aquestes xifres per què fossin compartides pels organismes internacionals competents en seguretat nuclear, es fàcil fer-se una idea de les dimensions que adquiriria aquest accident si es produís en una zona habitada com la ciutat de Barcelona.

En la implícita conceptualització de la seguretat, és injustificable un risc tan innecessari i en funció d'estadístiques tan qüestionables. A més caldria no oblidar l'imprevisible possibilitat d'un sabotatge o d'altres catàstrofes simultànies amb el transport (terratrèmol...).

¿Qui pot responsabilitzar-se de la possibilitat relativament petita d'un accident que afectaria milers de persones i implicaria una catàstrofe econòmica que és totalment evitable? Pensem que anualment l'home del carrer creu prou favorable la probabilitat d'un cada cent mil (més improbable que el risc d'un accident greu del tren a Barcelona) per jugar a la loteria de Nadal i esperar la sort d'ésser beneficiat.

Problemàtica derivada

Les normes de seguretat del transport del combustible residual de Vandellòs preveuen només la comunicació de l'accident a les autoritats responsables (empresa de la central, guàrdia civil i JEN-CSN) i prohibir l'accés de la població a la zona del sinistre.

En primer lloc, en un accident en aquestes circumstàncies aquests organismes tindrien informació de l'accident després de gran part de la població de la ciutat. En segon lloc, abans que poguessin arribar-hi efectius de la guàrdia civil o de la JEN-CSN és obvi que ja ho hauria fet personal del Servei d'incendis i salvament (bombers), guàrdia urbana, policia nacional i població en general, que a més en principi desconixerien totalment les característiques radioactives de l'accident amb les greus conseqüències que això comportaria. Cal dubtar que en cas d'accident greu el

personal responsable que ha d'anar en el tren estaria en condicions de fer cap tipus d'actuació.

Cal dir que fins ara no s'ha informat de forma prèvia i oficial les autoritats locals o provincials de cap dels transports fets fins avui. En conseqüència no es pot tenir coneixement directe del control amb què s'ha fet aquest transport.

El problema escapa del marc purament nuclear i entra de ple en el de les activitats perilloses, insalobres i/o molestes, on és innegable la participació dels organismes locals, comarcals, provincials, autònoms.

En qualsevol cas: ¿com es pot impedir l'accés a la zona del sinistre si aquesta està totalment habitada? Com es pot evitar o controlar la contaminació de l'aire, si aquest resultés contaminat? Igualment, ¿com evitar, si hi hagués contaminació a la via, les filtracions i posterior incorporació de radinuclids* d'alta toxicitat a la xarxa d'aigües residuals?

Ara cal posar de manifest la limitada previsió ja argumentada: a part del comentat sistema d'avis de l'accident i de pretendre evitar l'accés a les persones, no existeix per a un accident d'aquest tipus cap previsió de programa d'emergències i menys encara de tractament mèdic dels irradiats i/o contaminats per radinuclis. Aquests programes així com els seus simulacres són obligatoris.

Cal recordar a més la inexistència d'una infraestructura que permetés l'anàlisi sistemàtica de mostres per anar seguint l'evolució de la contaminació, condició imprescindible per anar desenvolupant un programa d'emergències. Això no és estrany si recordem un cop més, que ni el personal exposat habitualment a les radiacions ionitzants per raó de la seva professió (treballadors d'instal·lacions radioactives, com els RX, gammagrafies, etc...) disposa d'un servei de control dosimètric personal, que és una de les formes més eficaces de prevenir els efectes nocius de les radiacions, per al personal professionalment exposat.

Aquestes i moltes altres deficiències no permetrien cap actuació prou efectiva per intentar minimitzar els efectes nocius que es derivarien en cas d'accident.

Un accident en una zona no urbana afectaria directament un nombre limitat de persones i permetria una actuació poc comprometedora per resoldre tota la problemàtica derivada.

Només que per un curt desplaçament geogràfic, el mateix accident esdevindria en una zona urbana, en una probable catàstrofe sanitària i, en qualsevol cas, en una catàstrofe econòmica.

*Nucli: concepte que caracteritza no únicament cada element, diferenciant-lo dels altres, sinó que a més caracteritza dintre de cada element els que difereixen en pes per causa de tenir més o menys nombre de neutrons. Així doncs si els elements es caracteritzen pel seu nombre de protons (dos l'heli, sis el carboni...) els nuclis es caracteritzen a la vegada pel nombre de protons i el de neutrons.

Radi nuclid: nucli d'un element que és radioactiu. És freqüent en lloc de radinucli la denominació de radiisòtop, que és ambigua a més d'incorrecta, i cal evitar.

Exemple: l'hidrogen, primer element dels existents (té un sol protó en el nucli), té tres nuclis diferents, l'hidrogen normal, que no té cap neutró, el deuteri que a més del protó té un neutró i el triti, que té dos neutrons. Deuteri i triti són radinuclis.

La segona part d'aquest estudi comprèn l'exposició del que és un pla d'emergències en aquests casos. La tercera part exposa les necessitats per facilitar el tractament a irradiats.

El motiu és doble: per una banda deixar clar que en el cas d'un accident i en les actuals circumstàncies, ni seria viable un pla d'emergències ni hi hauria possibilitat de tractament als irradiats. Per l'altre deixar constància del que caldria tenir previst per a casos d'accidents radioactius de tot tipus. Això amb independència que, com a conclusió òbvia de tot el que s'ha dit fins ara, és una mesura higiènica i de seguretat ciutadana de màxima importància evitar el pas per la ciutat de Barcelona del tren amb els combustibles residuals del reactor de la central de Vandellòs.

És tan freqüent la deformació que reben les valoracions de l'energia nuclear que cal dir que tots aquests arguments, no únicament no comprometen en un o altre sentit, sinó que a més són clarament positius.

Característiques d'un pla d'emergències en un accident radioactiu a la ciutat de Barcelona

Introducció

Un pla d'emergències és només una actuació puntual en un marc més ampli. Cal prèviament per part dels organismes públics un estudi que porti a la identificació i examen dels problemes pràctics que comporta determinat tipus d'activitat. En aquest cas l'activitat és la radioactiva, i la nuclear quant al transport de residus d'una central nuclear.

El organismes públics als quals ens hem referit són per norma els de Salut, Energia Atòmica i Agricultura/Marina.

En el nostre cas, els organismes d'Agricultura tindrien una incidència menor del que és habitual, per tractar-se d'una zona densament urbana i hauria de compartir la seva incidència amb els organismes d'incidència marina (pesca...) per la proximitat immediata del Mediterrani i la seva possible contaminació radioactiva.

Cal fer un treball per determinar quan existeix un seriós risc d'irradiació i quantitzar amb l'aproximació més real possible la probabilitat que això succeeixi.

En cada cas caldria avaluar la magnitud de l'emergència que comportaria un accident per irradiació.

Finalment cal disposar i comprovar l'eficàcia d'un pla d'emergències que estableixi les mesures pràctiques d'actuació entre totes les entitats implicades. Aquestes són les ja dites tant de caràcter general (govern central, Generalitat) com local (Corporació Metropolitana, Ajuntaments, districtes) així com altres que són necessaris per a una actuació pràctica (Servei d'Extinció d'Incendis i Salvament, habitualment anomenats bombers, guàrdia urbana, policia municipal, policia nacional, guàrdia civil, exèrcit...). La condició més important i totalment imprescindible perquè pugui aconseguir-se un mínim d'eficàcia és que qualsevol actuació sigui feta de forma coordinada.

Cal recordar abans d'entrar de ple en l'esboç d'un pla d'emergències que aquest requeriria prèviament la realització dels aspectes que s'han citat abans.

personal responsable que ha d'anar en el tren estaria en condicions de fer cap tipus d'actuació.

Cal dir que fins ara no s'ha informat de forma prèvia i oficial les autoritats locals o provincials de cap dels transports fets fins avui. En conseqüència no es pot tenir coneixement directe del control amb què s'ha fet aquest transport.

El problema escapa del marc purament nuclear i entra de ple en el de les activitats perilloses, insalobres i/o molestes, on és innegable la participació dels organismes locals, comarcals, provincials, autònoms.

En qualsevol cas: ¿com es pot impedir l'accés a la zona del sinistre si aquesta està totalment habitada? Com es pot evitar o controlar la contaminació de l'aire, si aquest resultés contaminat? Igualment, ¿com evitar, si hi hagués contaminació a la via, les filtracions i posterior incorporació de radinuclids* d'alta toxicitat a la xarxa d'aigües residuals?

Ara cal posar de manifest la limitada previsió ja argumentada: a part del comentat sistema d'avis de l'accident i de pretendre evitar l'accés a les persones, no existeix per a un accident d'aquest tipus cap previsió de programa d'emergències i menys encara de tractament mèdic dels irradiats i/o contaminats per radinuclis. Aquests programes així com els seus simulacres són obligatoris.

Cal recordar a més la inexistència d'una infraestructura que permetés l'anàlisi sistemàtica de mostres per anar seguint l'evolució de la contaminació, condició imprescindible per anar desenvolupant un programa d'emergències. Això no és estrany si recordem un cop més, que ni el personal exposat habitualment a les radiacions ionitzants per raó de la seva professió (treballadors d'instal·lacions radioactives, com els RX, gammagrafies, etc...) disposa d'un servei de control dosimètric personal, que és una de les formes més eficaces de prevenir els efectes nocius de les radiacions, per al personal professionalment exposat.

Aquestes i moltes altres deficiències no permetrien cap actuació prou efectiva per intentar minimitzar els efectes nocius que es derivarien en cas d'accident.

Un accident en una zona no urbana afectaria directament un nombre limitat de persones i permetria una actuació poc comprometedora per resoldre tota la problemàtica derivada.

Només que per un curt desplaçament geogràfic, el mateix accident esdevindria en una zona urbana, en una probable catàstrofe sanitària i, en qualsevol cas, en una catàstrofe econòmica.

*Nucli: concepte que caracteritza no únicament cada element, diferenciant-lo dels altres, sinó que a més caracteritza dintre de cada element els que difereixen en pes per causa de tenir més o menys nombre de neutrons. Així doncs si els elements es caracteritzen pel seu nombre de protons (dos l'heli, sis el carboni...) els nuclis es caracteritzen a la vegada pel nombre de protons i el de neutrons.

Radí nuclid: nucli d'un element que és radioactiu. És freqüent en lloc de radinucli la denominació de radisòtop, que és ambigua a més d'incorrecta, i cal evitar.

Exemple: l'hidrogen, primer element dels existents (té un sol protó en el nucli), té tres nuclis diferents, l'hidrogen normal, que no té cap neutró, el deuteri que a més del protó té un neutró i el triti, que té dos neutrons. Deuteri i triti són radinuclis.

La segona part d'aquest estudi comprèn l'exposició del que és un pla d'emergències en aquests casos. La tercera part exposa les necessitats per facilitar el tractament a irradiats.

El motiu és doble: per una banda deixar clar que en el cas d'un accident i en les actuals circumstàncies, ni seria viable un pla d'emergències ni hi hauria possibilitat de tractament als irradiats. Per l'altre deixar constància del que caldria tenir previst per a casos d'accidents radioactius de tot tipus. Això amb independència que, com a conclusió òbvia de tot el que s'ha dit fins ara, és una mesura higiènica i de seguretat ciutadana de màxima importància evitar el pas per la ciutat de Barcelona del tren amb els combustibles residuals del reactor de la central de Vandellòs.

És tan freqüent la deformació que reben les valoracions de l'energia nuclear que cal dir que tots aquests arguments, no únicament no comprometen en un o altre sentit, sinó que a més són clarament positius.

Característiques d'un pla d'emergències en un accident radioactiu a la ciutat de Barcelona

Introducció

Un pla d'emergències és només una actuació puntual en un marc més ampli. Cal prèviament per part dels organismes públics un estudi que porti a la identificació i examen dels problemes pràctics que comporta determinat tipus d'activitat. En aquest cas l'activitat és la radioactiva, i la nuclear quant al transport de residus d'una central nuclear.

El organismes públics als quals ens hem referit són per norma els de Salut, Energia Atòmica i Agricultura/Marina.

En el nostre cas, els organismes d'Agricultura tindrien una incidència menor del que és habitual, per tractar-se d'una zona densament urbana i hauria de compartir la seva incidència amb els organismes d'incidència marina (pesca...) per la proximitat immediata del Mediterrani i la seva possible contaminació radioactiva.

Cal fer un treball per determinar quan existeix un seriós risc d'irradiació i quantitzar amb l'aproximació més real possible la probabilitat que això succeeixi.

En cada cas caldria avaluar la magnitud de l'emergència que comportaria un accident per irradiació.

Finalment cal disposar i comprovar l'eficàcia d'un pla d'emergències que estableixi les mesures pràctiques d'actuació entre totes les entitats implicades. Aquestes són les ja dites tant de caràcter general (govern central, Generalitat) com local (Corporació Metropolitana, Ajuntaments, districtes) així com altres que són necessaris per a una actuació pràctica (Servei d'Extinció d'Incendis i Salvament, habitualment anomenats bombers, guàrdia urbana, policia municipal, policia nacional, guàrdia civil, exèrcit...). La condició més important i totalment imprescindible perquè pugui aconseguir-se un mínim d'eficàcia és que qualsevol actuació sigui feta de forma coordinada.

Cal recordar abans d'entrar de ple en l'esboç d'un pla d'emergències que aquest requerria prèviament la realització dels aspectes que s'han citat abans.

Veiem que només pel que fa al primer aspecte, la realitat actual és que ni es disposa d'un inventari complet dels focus emissors de radiacions ionitzants. Com ha estat comentant, el més complert l'ha iniciat fa un any l'Ajuntament, recollint i complementant els inventaris de diversos organismes. S'estima que s'han inventariat el 50 % dels focus i les dificultats són notables per augmentar-lo. Més concretament, en el cas del tren radioactiu, recordem que fins avui, dels organismes citats, només és coneguda pels organismes d'energia i la guàrdia civil la seva circulació.

Planificació d'una emergència

El primer objectiu en la planificació d'emergències és la prevenció d'aquesta. En l'activitat radioactiva (utilització i/o manipulació de focus emissors de radiacions ionitzants) això demana l'existència d'un adequat control de les mesures de protecció de la instal·lació, inclosa la correcta capacitat i conscienciació de tot el personal que hi treballa. Respecte a la circulació de residus radioactius d'alta activitat per la ciutat de Barcelona, la prevenció equival a evitar que el tren circuli per zones tan densament poblades i sigui desviat per d'altres que ho siguin molt menys. És simptomàtica la dificultat de trobar informació concreta sobre el cas d'un accident d'aquest tipus en els programes de països estrangers. L'explicació lògica podria ésser que aplicant l'esmentat objectiu preventiu, aquest transport s'evita sistemàticament en zones densament poblades. És més freqüent que els túnels de ferrocarrils i metropolitans estiguin previstos com a refugis atòmics en cas de conflagració militar atòmica i no com a via de transports radioactius.

El segon objectiu d'un pla d'emergències és la previsió d'una efectiva acció ordenada en el cas de produir-se l'accident.

Les actuacions més rellevants a preveure són l'evacuació de persones i animals que puguin resultar afectats i la descontaminació de tota la zona en què s'han disseminat les substàncies radioactives. La delimitació d'aquesta zona requereix personal especialitzat amb medis adequats.

Les característiques genèriques d'aquest programa o pla d'actuació són les que segueixen:

1) Organització capaç d'actuar amb decisió i eficàcia en una emergència amb una planificació raonable, ràpidament executable, ampliable o modificable segons les necessitats.

2) Coneixement de les disponibilitats potencials en el lloc de l'accident.

3) Lligam entre l'organització d'emergència i les organitzacions locals. Recordem el que s'ha dit respecte la coordinació com a característica fonamental del pla.

4) Dispositius tècnics per a la ràpida adquisició d'informació de la situació ambiental i la ràpida transmissió d'informació al lloc.

5) Ràpida avaluació de la naturalesa dels radinuclis, ja que l'actuació depèn en gran part de la quantitat i qualitat d'aquests.

6) Personal tècnic qualificat per interpretar la significació (valoració) de les dades disponibles i decidir les actuacions derivades. La capacitat de suficient personal és imprescindible per garantir una mínima eficàcia i evitar actuacions

negatives.

7) Col·laboració amb altres organitzacions similars per a ajuda mútua en cas d'accident.

8) Tenir en compte que l'accident és imprevisible i no permet una programació d'emergència rígida.

9) L'organització ha d'ésser redundant, per preveure absències per qualsevol motiu.

10) L'actuació ha d'estar assajada perquè existeixi una mínima pràctica d'actuació i s'evitin deficiències greus o de coordinació.

Analitzant una a una aquestes característiques, es pot veure que no són fàcils de satisfer, ja que requereixen un intensiu i extensiu programa de treball per aconseguir-les. Possiblement els aspectes més difícils d'aconseguir són la capacitat de totes les persones que ho requereixen i la disponibilitat dels mitjans per detectar i avaluar la situació d'emergència (xarxa ambiental i/o accidental de detecció i mesura).

Posada en marxa d'una emergència

Un accident aerí, un terratrèmol, etc., són situacions clarament associables a una catàstrofe, que generen la posada en marxa dels corresponents programes d'emergència.

Les radiacions no són fàcilment identificables (l'home és insensible a les radiacions fins i tot en dosis que resultin letals) o a més no és fàcil fixar les condicions a partir de les quals cal considerar que determinada situació és d'emergència. Són els anomenats nivells d'acció, que estan en funció de les mesures o nivells de la radioactivitat però també de les característiques i circumstàncies peculiars de la situació. No és fàcil per això ni fixar llimars en el cas de les dosis rebudes que hagin pogut ésser mesurades: ¿25 rems és suficient o insuficient per generar una situació d'emergència? Només aquesta data no permet cap decisió tot i que ja és una dosi important i amb una determinada probabilitat de produir diverses malalties, sempre que hagi estat rebuda pel conjunt del cos. Cal pensar que els nivells d'acció és un concepte diferent i independent del concepte de "dosi màxima permissíble". Així, per exemple, mínimes concentracions en els aliments de determinats radinuclis (^{131}I , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{239}Pu ...) justifiquen la posada en marxa d'un pla d'emergència. Aquests mínims, de l'ordre de milionèsimes de curie no són fàcilment detectables i requereixen d'un dilatat temps de medicació, amb aparells i personal adequats.

Una vegada es disposa de la informació sobre els nivells de radioactivitat, cal disposar de criteris suficients per determinar si s'arriba als nivells d'acció de posada en marxa de l'emergència. Criteris suficients vol dir persones que els disposin, cosa que habitualment no és substituïble per una taula de valors a disposició de personal no expert.

Un dels problemes que habitualment es presenta és la transmissió d'aquesta informació fins a les persones que estan capacitades per donar l'alerta. Com que un accident pot presentar-se en qualsevol lloc i no té sentit imaginar una xarxa de vigilància per a la totalitat d'un territori, són freqüents per la invisibilitat de les

radiacions, irradiacions que passen desapercibudes o fins i tot que son amagades, però amb efectes inevitables quan apareixen. Aquests efectes també seran difícilment localitzables ja que les patologies associades a les irradiacions no són específiques, sinó que generen malalties comunes (càncers, mutacions genètiques...).

L'altre problema més habitualment constatat és la lentitud en la transmissió de les decisions per confirmar i corregir una situació anormal. En la curta experiència que pot derivar-se dels casos d'accidents lleus (diguem-ne "incidents") que ha estat possible detectar darrerament en el terme municipal de Barcelona respecte a l'activitat radioactiva, aquesta lentitud ha estat una constant que ha pogut impedir resoldre satisfactòriament situacions compromeses.

A partir del moment en què s'ha detectat l'accident o la situació d'emergència, és necessari que un grup tècnic "ad hoc" posi en marxa una actuació coordinada de tots els estaments necessaris de manera que en aquestes circumstàncies, l'autoritat per a totes les mesures que cal prendre a partir de l'accident i en tant no es normalitza la situació, no és sinó que aquest grup tècnic, al qual haurà de subordinar-se qualsevol organisme sigui del tipus que sigui. És clar que aquestes situacions requereixen una formalització en un marc legal.

Per a cada cas d'accident caldrien diferents actuacions. Els factors o característiques que diferencien un accident d'altres, són:

- 1) Característiques globals de l'accident.
- 2) Quantitat i característiques físiques (tipus, activitat...) dels radinuclis de l'emissió radioactiva. Segons el tipus i activitats caldria prendre mesures diferents.
- 3) Raditoxicitat dels radinuclids.
- 4) Condicions meteorològiques i tipogràfiques (incloent-hi les geològiques) del lloc de l'accident.
- 5) Característiques biogeogràfiques del lloc de l'accident (dedicació agrícola, ramadera, industrial...)
- 6) Estudi de les quantitats de radinuclids que seran incorporats per les cadenes tròfiques o alimentàries. Intervals de temps entre la disseminació i la incorporació pel cos humà. Magnitud de les dosis que produiran en els teixits cada un dels radinuclids incorporats.
- 7) Població de l'entorn.

Ja en la suposició que es disposa de personal capacitat i entrenat, amb els corresponents mitjans, és a partir d'aquest moment que intervenen els criteris de decisió, que són els següents:

1er) qui hi intervé?

2on) com, i amb quins medis?

tot el que pressuposa un mínim de previsió de l'eventualitat d'aquest accident determinat i l'existència del corresponent programa d'emergència en sentit estricte.

Programa de vigilància

La informació sobre els nivells de radioactivitat s'obté d'una xarxa ambiental o accidental, que actua de forma paral·lela al programa d'emergència.

De fet, ha d'existir una xarxa ambiental permanent, complementable amb una

xarxa local en cas d'accident. Habitualment es denomina xarxa de vigilància ("monitoring").

La xarxa ambiental s'entén tant en termes generals (mostratges sistemàtics en aigües, aire, aigües residuals, aliments...) com els dispositius ambientals de què ha de disposar qualsevol instal·lació radioactiva tant d'aparells de raigs X, com de radinuclis encapsulats o no encapsulats.

La freqüent inexistència d'aquests dispositius ambientals àdhuc en les instal·lacions radioactives és la causa que fa difícil detectar situacions anormals dels nivells de radiació en aquestes instal·lacions.

En ocasions la situació d'emergència serà detectada per la xarxa mateix, en altres, com és el cas d'un accident en el transport de substàncies radioactives, la xarxa local serà transportada a la zona requerida.

L'adquisició i/o elaboració de mesures és la condició prèvia que posa en marxa una actuació d'emergència però que a la vegada continua durant tota l'emergència i també després d'aquesta. Podríem distingir quatre etapes en aquest procés de vigilància dels nivells de radiació.

- 1) Etapa d'alerta. Detecció de presència d'activitat o radiació anormal, superior a l'habitual.
- 2) Etapa de prevenció. Mesura de la radiació que assoleix o sobrepassa nivells i dosis pre-determinats, que han estat denominats d'acció. Vigilància de concentració de radinuclis o la seva corresponent activitat en animals, plantes, aliments, medi en general...
- 3) Etapa de registre (càlcul de la dosi acumulada pels diferents sectors de la població exposada directa o indirectament).
- 4) Etapa d'efectes. Càlcul i correlació dels efectes apareguts com a conseqüència de la irradiació: epidemiologia de les radiacions. És obvi que aquesta etapa ha de prolongar-se durant anys.

Els problemes que habitualment apareixen respecte a l'obtenció de mesures són:

- 1) La mesura de dosis més grans del que és habitual.
- 2) La necessitat d'obtenció de resultats, més ràpidament del que habitualment és necessari.
- 3) Necessitat de mesures en quantitat molt superior a la normal.
- 4) Obtenció de mesures en àrees no habituals, al aire lliure, en cotxes i/o camionetes, o com a molt, en laboratoris improvisats.
- 5) Disposar de personal poc habituat a aquestes mesures.

Programa de descontaminació

Una de les actuacions més característiques en una emergència radioactiva és la necessitat de descontaminar la zona contaminada.

Només en el cas de contaminacions produïdes per aparells de raigs X (RX en medicina, indústria, seguretat, comerç...) aquest problema és trivial, perquè quan es desconnecta l'aparell desapareix totalment la radiació. En el cas de radiacions ionitzants produïdes per radinuclids (substàncies radioactives) la radiació disminueix

en activitat en funció del període de semidesintegració.* Quan aquest és curt (de l'ordre de dies o hores), el temps mateix és la millor ajuda a l'operació de descontaminació. Així per exemple el tecneci-99 metaestable (99 m/43 Tc), habitualment utilitzat en medicina nuclear, té un p.s. de 5,6 hores. Això vol dir que en un dia una determinada activitat inicial s'ha reduït a la vintena part, i per malament que s'hagi fet la descontaminació, la incidència d'aquesta circumstància és petita.

A mesura que augmenta el període de semidesintegració del nucli, la descontaminació és una operació que requereix major pulcritud i a la vegada dificultat per evitar la contaminació del personal que la realitza (personal altament especialitzat, vestits de protecció adequada, utilitatge).

De fet la descontaminació ja pressuposa un programa d'actuació propi que a la vegada diferirà segons els tipus de radinuclids que calgui descontaminar així com de les circumstàncies globals de l'àrea contaminada.

La descontaminació implica la previsió de disposar de tots els equips necessaris així com el seu transport i ubicació en el lloc de l'accident. Però a la vegada ha d'anar associada a dues operacions igualment importants:

1) Protecció de les àrees adjacents o llunyanes no contaminades però que poden ser-ho per qualsevol via (aigua, aire, transport...). S'inclou la protecció de terrenys de cultiu, bestiar, aliments, aigües.

2) Vigilància i control ("monitoring") de l'aigua, aire, terra, aliments, animals... tal com ja s'ha dit, perquè és molt difícil poder afirmar que una descontaminació ha estat total, especialment en cas de radinuclids d'alta toxicitat.

Conclusió parcial

Per elaborar un programa concret d'emergències caldria conèixer prèviament els programes ja existents en altres països i la seva corresponent legislació. Suècia més especialment, i també els Estats Units amb els Radiological Assistance Programme són dues interessants referències entre altres més que caldria intentar imitar.

L'Advisory Radiological Board és una organització d'aquest tipus als EUA que esdevé executiva en cas d'accident amb l'objecte genèric de minimitzar l'impacte de l'accident.

Annex: Activitat, període de semidesintegració i raditoxicitat

És interessant fer les següents aclaracions per entendre més fàcilment el concepte de raditoxicitat:

1) Un radinuclid amb un p. de s. curt té una probabilitat molt gran de desintegrar-se emetent una radiació ionitzant, ja que el seu nucli és molt inestable. Així en poc temps quasi tots els àtoms s'han desintegrat emetent radioactivitat i només la petita fracció restant és encara potencialment radioactiva.

2) Un radinuclid amb un p. de s. llarg té una probabilitat petita de desintegrar-se, ja que el seu nucli és molt estable i en un temps llarg només una petita part de nuclis s'hauran desintegrat, restant la gran part d'ells potencialment radioactius.

*Vegeu l'annex sobre "Activitat, període de semidesintegració i raditoxicitat".

Cal tenir molt present que si en un moment donat tenim igual activitat d'un nuclid amb un p.s. llarg, i d'altre amb p.s. curt, això significa que tindrem una **quantitat molt més gran d'unitats del nuclid amb p.s. llarg que del nuclid amb p.s. curt**. Per això s'introdueixen el concepte de raditoxicitat relacionat directament amb el p.s. i altres factors físics i biològics, ja que l'activitat només indica una característica instantània però no la potencialitat radioactiva global.

Per exemple, per disposar d'una activitat de 1 μ Ci (una milionèsima de curie) de plutoni 239 (p.s. 24.400 anys) necessitarem reunir una quantitat d'unitats d'aquest nuclid d'uns quants bilions superior a la quantitat d'unitats necessàries per disposar d'igual activitat de tecneci-99m (p.s. 5,6 hores). És clar que passats uns dies pràcticament tot el tecneci s'haurà desintegrat i ja no en disposarem més que d'una mínima quantitat, mentre que pel contrari continuarem disposant de quasi tot el plutoni-239 que mantindrà inalterable la seva activitat.

Els altres factors que condicionen la raditoxicitat dels radinuclids són:

1) Físics: tipus i energia de la radiació de desintegració, així com la naturalesa estable del nou nuclid resultant de la desintegració o pel contrari la naturalesa igualment radioactiva del nuclid resultant i dels successius (cas característic dels elements transurànics que formen les conegudes sèries radioactives).

2) Biològics i químics: facilitat d'incorporació a les cadenes tròfiques de l'element corresponent al nuclid, afinitat per determinats organismes o teixits, corresponent comportament bioquímic de la substància que l'incorpora quan no està lliure.

Programa d'assistència mèdica a personal i població irradiada

Higiene de les radiacions

Abans d'entrar en l'aspecte de medicina assistencial sobre els efectes de les radiacions, cal referir-se als aspectes preventius o higiènics.

La higiene de les radiacions és per desgràcia un concepte quasi ignorat a casa nostra. Mostra d'això poden ésser les realitats següents:

1) Inexistència d'un programa d'estudi de la higiene de les radiacions en els estudis universitaris de medicina, que no existeix ni com a matèria comuna ni d'especialització.

2) Inexistència d'un programa d'estudi de radiobiologia en els estudis universitaris de biologia.

3) Inexistència d'un programa d'estudi de física mèdica en els estudis universitaris de física.

4) Menys encara podrà esperar-se un programa de coordinació entre ells.

Amb freqüència, fins i tot els mateixos estudis de medicina han deformat el concepte d'higiene de les radiacions, perquè el mateix metge és un utilitzador freqüent de les radiacions ionitzants (radiologia mèdica, que comprèn el radiodiagnòstic, la radioteràpia i la medicina nuclear).

Cal recordar els freqüents casos d'abús i/o utilització indeguda d'exploracions radiològiques que encara són massa habituals a casa nostra (escopies...). Com

exemple suficientment allunyat és conegut el fet que bona part de les tumoracions en les glàndules mamàries tenien l'origen en els efectes de la mateixa irradiació de les exploracions radiològiques periòdiques de control.

És clar en tots els camps que la realització i/o desenvolupament d'una activitat que sigui potencialment contaminant ha d'ésser independent de l'estructura de protecció i estudi contra aquesta contaminació. Si no es així, un dels dos aspectes serà anul·lat per l'altre i no cal dir que l'anul·lat serà l'aspecte de protecció.

Això no vol dir que l'especialista d'un dels aspectes pugui ignorar l'altre, sinó que, tot el contrari, ha de tenir un bon nivell de coneixements. Fins i tot casualment podrem arribar a trobar especialistes que dominin tots dos aspectes, com succeeix en qualsevol altre camp dispar.

Aquesta situació exposada, de deficiència de l'estudi de la incidència de les radiacions en els éssers vius i la prevenció dels seus efectes, origina per una banda l'existència freqüent d'irradiacions innecessàries (per causa de l'activitat radioactiva) i per l'altra la dificultat d'organitzar la part assistencial.

Característiques principals del programa

L'equip d'intervenció en un programa assistencial a personal i població irradiada és clarament multidisciplinari, amb capacitació prèvia respecte a l'assistència a irradiats, i redundant per preveure absències.

Aquesta composició multidisciplinària és en concret:

1) Físic amb dedicació mèdica per a les mesures i deteccions en general, dosimetries externes, internes (activació del Na)... que serveixen de punt de partida al radiobiòleg i especialistes mèdics.

2) Radibiòleg amb aplicació clínica per a una coordinació de tots els especialistes restants.

3) Hematòleg per a l'estudi de les constants afectades i per a possibles transplantaments de medulla òssia en irradiacions greus (més de 100 a 200 rems en tot el cos).

4) Internista, per a una actuació global sobre les diferents patologies que puguin aparèixer.

5) Immunòleg, per a la disminució de defenses que s'associa de forma igualment significada a la irradiació.

6) Farmacòleg amb aplicació clínica per a l'eliminació dels radinuclis incorporats en cas de contaminació, així com altres especialistes auxiliars que poden ésser necessaris segons els diferents casos (químics, cirurgians, oncòlegs...).

No tindria sentit la intervenció aïllada o exclusiva d'algun d'aquests especialistes o menys encara d'especialistes que no fossin els anteriors.

La formació o capacitació d'aquest personal és, pel que s'ha dit anteriorment, la primera necessitat que caldria solucionar.

Pel que fa a bases físiques, biològiques i mèdiques, és clar que pot trobar-se un equip que iniciï aquest estudi, però per aconseguir l'especialització caldrien amplis contactes amb centres especialitzats de l'estranger.

El centre de Saclay (Centre d'Etudes Nucléaires, Fontenay-aux-Roses, Seine,

France), és prou a la vora i dels pocs altament especialitzats en teràpia per a casos d'irradiació greu.

La necessària redundància d'aquest equip és òbvia: existència de quatre o cinc especialistes de cada cas per tenir la seguretat que sempre algun d'ells serà immediatament localitzable.

Els mitjans de què cal disposar no difereixen dels habituals requerits en l'assistència mèdica, llevat de l'instrumental de medicació i detecció de radiacions. Així té total justificació disposar d'un mesurador de cos sencer (per detectar contaminació interna) en la zona de Barcelona, donada la notable població del seu entorn immediat i pròxim. Davant d'aquest car aparell, la resta de l'instrumental no requereix una inversió notable. Annex a aquest instrumental se situaria una zona de descontaminació adequada que a la vegada seria el centre que coordinaria les operacions de descontaminació en cas d'un accident amb pèrdua de substàncies radioactives.

El que no seria recomanable ni efectiu, tot i que s'ha arribat a projectar, serien instal·lacions com sales d'operacions blindades o similars. Primerament, només té sentit per a casos de contaminació interna i en circumstàncies molt poc freqüents. En segon lloc, donada la poca probabilitat d'utilització, quan calgués utilitzar-los difícilment estarien en condicions pel deteriorament que causa la manca d'ús. No calen, doncs, ni són convenients, instal·lacions exclusives i/o específiques.

Si recordem els efectes retardats de les radiacions, la ubicació o emplaçament de tot l'utilatge de detecció no és de primera importància. És clar que el computador de cos sencer i tots els altres aparells complementaris són una extensió de la xarxa de vigilància, citada en el pla d'emergència.

El que sí que cal és que l'equip descrit al principi, estigui capacitat per avaluar cada cas d'irradiat i tractar-lo adequadament com li correspongui. En el cas d'una irradiació col·lectiva haurà d'avaluar-la per donar les directrius i controlar l'actuació dels metges no especialitzats que intervindran en els diferents centres assistencials.

En aquest cas d'irradiació col·lectiva, l'equip d'experts o especialistes citat, actuarà com ho feia la comissió global "ad hoc" per al conjunt de la situació de l'emergència: tot el personal facultatiu de les instal·lacions assistencials que compregui el programa d'emergències haurà de subordinar-se directament a aquest equip que serà en aquestes circumstàncies l'única autoritat mèdica.

El trasllat i distribució del afectats en els diferents centres hospitalaris ja és un aspecte que competeix a la globalitat del programa o pla d'emergències.

La característica que sí que s'ha de tenir present és la implícita duració d'un tractament, o encara, de l'observació a què cal sotmetre un possible irradiat. El tractament (només és viable en casos de forta irradiació) s'allarga setmanes i mesos, però la vigilància i observació periòdica ho serà durant anys tant en casos greus com lleus.

Finalment, cal dir la necessitat d'assajar periòdicament actuacions de tractament a grups d'irradiats per les inhabituals ocasions en què, cal esperar, pugui presentar-se una circumstància d'aquest tipus.

Els casos d'irradiats a nivells baixos i eventuals irradiats són freqüents. La seva vigilància serà una extensió del control mèdic i del control dosimètric al que s'ha

de sotmetre el personal professionalment exposat a radiacions, com a mesura elemental de prevenció.

Conclusió parcial

Un programa d'assistència mèdica a personal i població irradiada pressuposa un mínim de personal capacitat junt amb una determinada infraestructura tècnica lligada al programa global d'emergències. No obstant això, abans d'una actuació d'aquest tipus, cal arreglar les deficiències que existeixen en la prevenció i la higiene.

Conclusions

1) Necessitat de desviar el transport de residus radioactius fora de zones densament poblades. Al problema que origina aquest transport dels residus de la Central de Vandellòs, caldria afegir la necessitat d'informar-se sobre la via de transports dels residus dels reactors que entraran en funcionament en un futur pròxim.

2) Necessitat d'una infraestructura de medicació de nivells de radioactivitat i de tractament mèdic per a irradiats en cas d'accident de qualsevol tipus. Recordem de nou que abans de tot això, no està actualment ni cobert el necessari control dosimètric personal mensual del personal exposat a les radiacions per raons de la seva professió (estimat en 10.000 persones per a la ciutat de Barcelona).

3) Inexistència d'un programa d'emergències i de tractament mèdic d'irradiats el qual no serà possible de portar a terme, fins que no es disposi de la infraestructura anteriorment citada i existeixin les diferents condicions que s'han expressat en el text.

4) Pel cas de voler dur a terme aquests programes caldrien les corresponents disposicions legals (Generalitat), delimitant de forma clara però a la vegada flexible el que s'ha de fer en cas d'accident o irradiació.

Els diversos casos d'accidents/incidents en l'activitat radioactiva (industrial, mèdica, comercial...) de la ciutat de Barcelona en els darrers mesos permeten estimar l'existència de nombroses situacions anòmales d'aquesta activitat que podrien ésser perfectament evitables però que passen totalment desapercebudes en gran part per manca de sistemes de detecció i en últim terme per ignorància i irresponsabilitat, i que poden originar notables dosis col·lectives en la població.

Bibliografia

1. "Función de los Servicios de Sanidad en la protección contra las radiaciones". O.M.S., Serie de informes técnicos n.º 254 (1963).
2. "Energie Nucléaire et Santé", O.M.S., Série Européenne n.º 3 (1979).
3. "Protection of the public in the event of Radiation Accidents" Proceedings Series, O.M.S. (W.H.O.) (1965).
4. "Diagnosis and treatment of acute radiation injury". O.M.S. (W.H.O.), Proceedings Series, (1961).

5. "Routine surveillance for radionuclides in air and water". O.M.S. (W.H.O.), (1968).
6. "Règlement de transport des matières radioactives". A.I.E.A. (I.A.E.A.), Collection Sécurité n.º 6. (1973), actualización.
7. "Normes fondamentales de radioprotection". A.I.E.A. (I.A.E.A.) Collection sécurité n.º 9 (1968).
8. Sagan, L.A. editor - "Human and ecologic effects of nuclear power plants" (1974); Charles C. Thomas.
9. "Normas de seguridad para el transporte de elementos combustibles irradiados deteriorados procedentes de la central nuclear de Vandellós con destino a Francia (Centros del CEA Marcoule o La Hague) en su recorrido por territorio nacional", Hifrensa, Septiembre 1977.
10. Rodríguez Farré, E. "La circulación mundial de materiales radioactivos", Mientras tanto n.º 4, 1980.
11. Udina i Cobo, C. "Les radiacions ionitzants i la salut: fonamentació conceptual i delimitació del problema". XI Congrés de metges i biòlegs de llengua catalana. Reus, setembre 1980.