



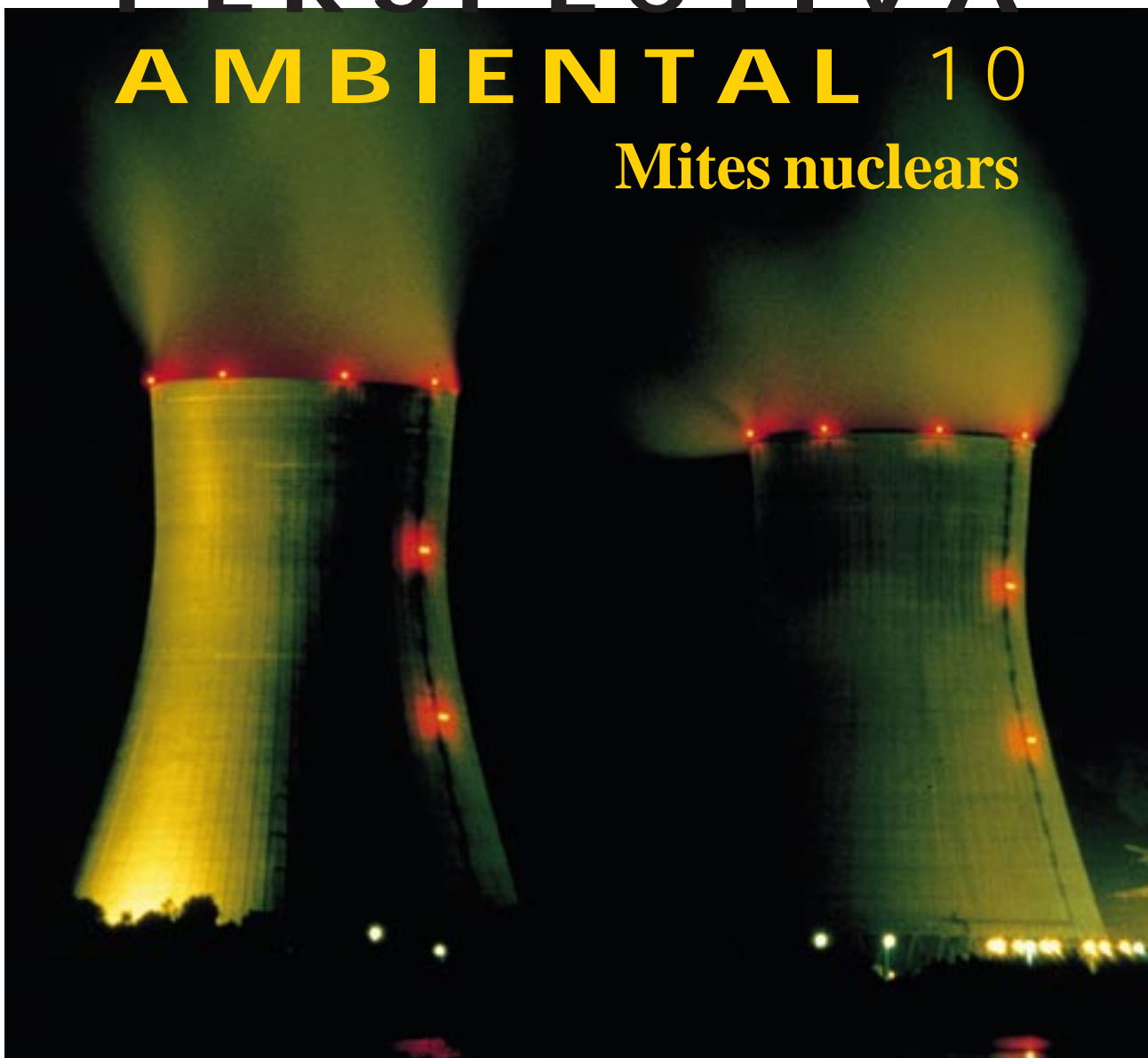
SUPLEMENT DE  
**PERSPECTIVA**  
ESCOLAR

Abril 1997

# PERSPECTIVA

## AMBIENTAL 10

### Mites nuclears



Abril 1997

P E R S P E C T I V A  
A M B I E N T A L 10

**Edició:**

Associació de Mestres Rosa Sensat  
Còrsega, 271 • 08008 Barcelona  
• Tel: 93-237 07 01 • Fax: 93-415 36 80

Fundació TERRA  
Lledó, 11 • 08002 Barcelona  
Tel/Fax: 93-319 52 80

**Redacció:**

Jordi Miralles i Ralf Massanés dels quadres sinòptics. Text bàsic: Myth Busters, 10 del Save Energy Communication Council's apartir d'una traducció del GCTFNN.

**Fotografies:**

AGE Fotostock i Museu Commemoratiu de la Pau d'Hiroshima.

**Assessorament:**

Grup de científics i tècnics per a un futur no nuclear. (GCTFNN) Apartat 10.095. 08080 Barcelona.

**Fotòlits:**

VELFIMSA  
Imprès en paper ecològic

**Impressió:**

Romanyà-Valls

**Dipòsit Legal:** B. 2090-1975

**Mites nuclears**

Com és una central nuclear  
Diagrama de funcionament  
La radioactivitat

**Mite 1**

La fissió nuclear  
Resum de dades mundials sobre l'energia nuclear  
La radiació de baixa intensitat  
Dades sobre el cicle del combustible nuclear  
Aplicacions del isòtops radioactius  
La fusió nuclear: l'energia de les estrelles  
Els residus nuclears

**Mite 2**

La política japonesa sobre l'ús del plutoni  
Accidents nuclears

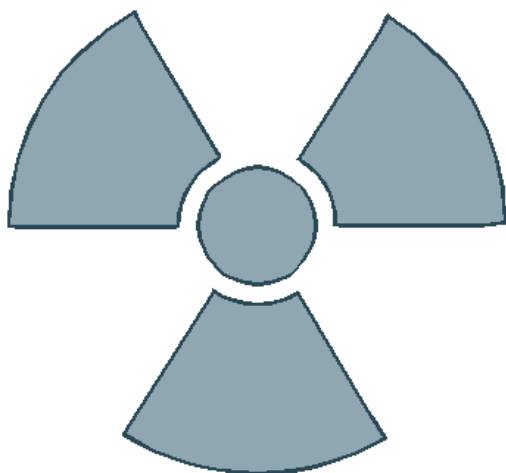
**Mite 3**

Txernòbil, l'avís  
Hiroshima, imatges per no oblidar  
Els efectes de la bomba d'Hiroshima  
La protesta nuclear a Catalunya  
Les reserves de plutoni i les armes nuclears  
El desballestament d'armes nuclears  
El tractat de no proliferació nuclear  
La vigilància radioactiva  
Centrals nuclears del món

*Potser ara més que mai es posa de manifest el deute que hem contret amb l'energia nuclear. El tema és prou controvertit i per això és important estar ben informats per ser responsables. Ara ja no si val a dir «Nuclears?, no gràcies» sinó que cal conèixer el risc i la veritable situació d'aquesta opció, que en el cas de Catalunya genera més del 75% de l'energia elèctrica que consumim.*

## Mites nuclears

Fundació TERRA\*



\* La Fundació TERRA és una fundació privada que té per objectiu canalitzar i fomentar iniciatives que afavoreixin una responsabilitat més gran de la societat en els temes ambientals.

Aquest dossier recull, sobretot, el treball fet per la Safe Energy Communication Council (SECC) publicat en el *Myth Busters, 10* durant la primavera de 1996 en el qual s'aporten dades sobre tres dels grans mites de la indústria de l'energia nuclear internacional en el sentit de demostrar que:

- l'energia nuclear ha tocat sostre, i queda clar que es tracta d'una tecnologia considerada no viable;
- els suposats èxits dels programes nuclears francesos i japonesos són plens d'in-cògnites que posen en dubte el seu reeiximent;
- segueix existint una connexió directa o indirecta entre l'energia nuclear civil i la militar.

Aquest document fou elaborat a partir de més de 200 referències bibliogràfiques. Aquesta versió inclou fitxes sobre conceptes bàsics relacionats amb la problemàtica nuclear a fi de fer més entenedor el document. Per damunt de tot ens cal estar informats!

## Com és una central nuclear i de quines menes n'hi ha

Totes les centrals tèrmiques de producció elèctrica funcionen amb el mateix principi: un combustible (carbó, gasoil, gas o urani) que es fa reaccionar químicament o física a fi que generi calor. Aquesta, al seu torn, escalfa aigua i la transforma en vapor, el qual, conduït dins un circuit determinat, acciona una turbina connectada a un generador elèctric. Una central nuclear aprofita l'energia calorífica que es desprèn de la fissió controlada d'un element radioactiu com ara l'urani.

Els elements clau de tota central nuclear són:

- el nucli del reactor on es desenvolupa la fissió dels àtoms d'urani;
- les barres de combustible formades per petites pastilles de material radioactiu ficades dins d'unes barres d'uns 4 m que contenen unes 250 pastilles; en un reactor com el de la central nuclear d'Ascó hi ha 41.448 barres que contenen un total de 72 tones d'urani;
- el moderador és una substància la funció de la qual és reduir la velocitat dels neutrons, ja que així tenen més possibilitats d'encertar el nucli d'urani i produir la fissió;
- el refrigerant té la funció de transportar el calor de la fissió tant per produir l'energia elèctrica com per refredar el nucli; s'utilitza el diòxid de carboni o l'aigua a les centrals convencionals i el sodi líquid als anomenats supergeneradors;
- les barres de control formades per materials capaços d'absorbir neutrons com ara el bor i així

reduir la velocitat de reacció i, per tant, regular la quantitat d'energia que es generarà;

- els circuits de refrigeració que transporten la calor del reactor cap a la turbina que transformarà l'energia calorífica en energia mecànica, la qual el generador transformarà en elèctrica.

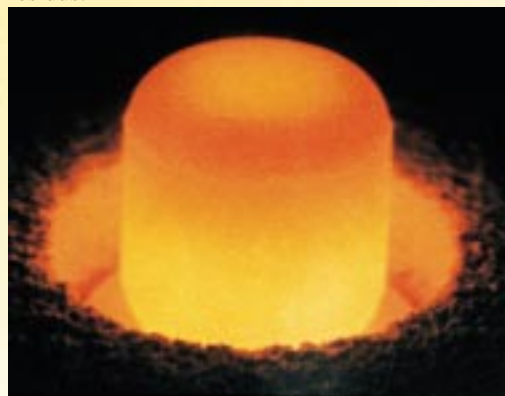
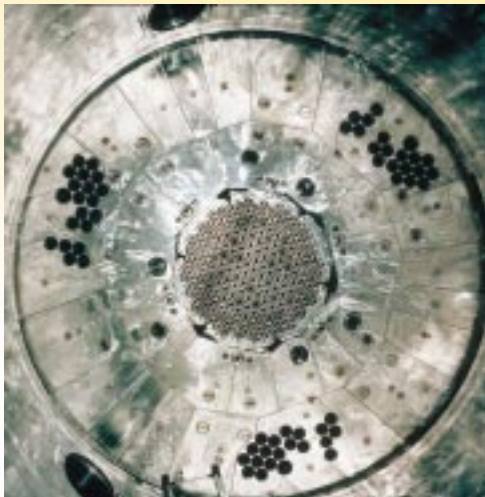
Hi ha diversos tipus de centrals nuclears per a usos industrials.

- Els reactors d'ebullició d'aigua (BWR) i les que presenten un reactor d'aigua a pressió (PWR). La central valenciana de Cofrentes és del tipus BWR, les d'Ascó són PWR.

- Els reactors de grafit-gas en els quals l'element moderador és el grafit i el refrigerant és el diòxid de carboni o l'heli; n'hi ha tres modalitats comercials, el reactor de gas (GCR), el reactor avançat de gas (ARC) i el reactor d'alta temperatura (HTGR). La central clausurada de Vandellòs I era del tipus GCR.

- Els reactors d'aigua pesant en els quals el moderador és l'aigua pesant. El reactor de Txernòbil era un disseny basat en una barreja de la tecnologia de l'aigua lleugera i moderat amb grafit (RBMK).

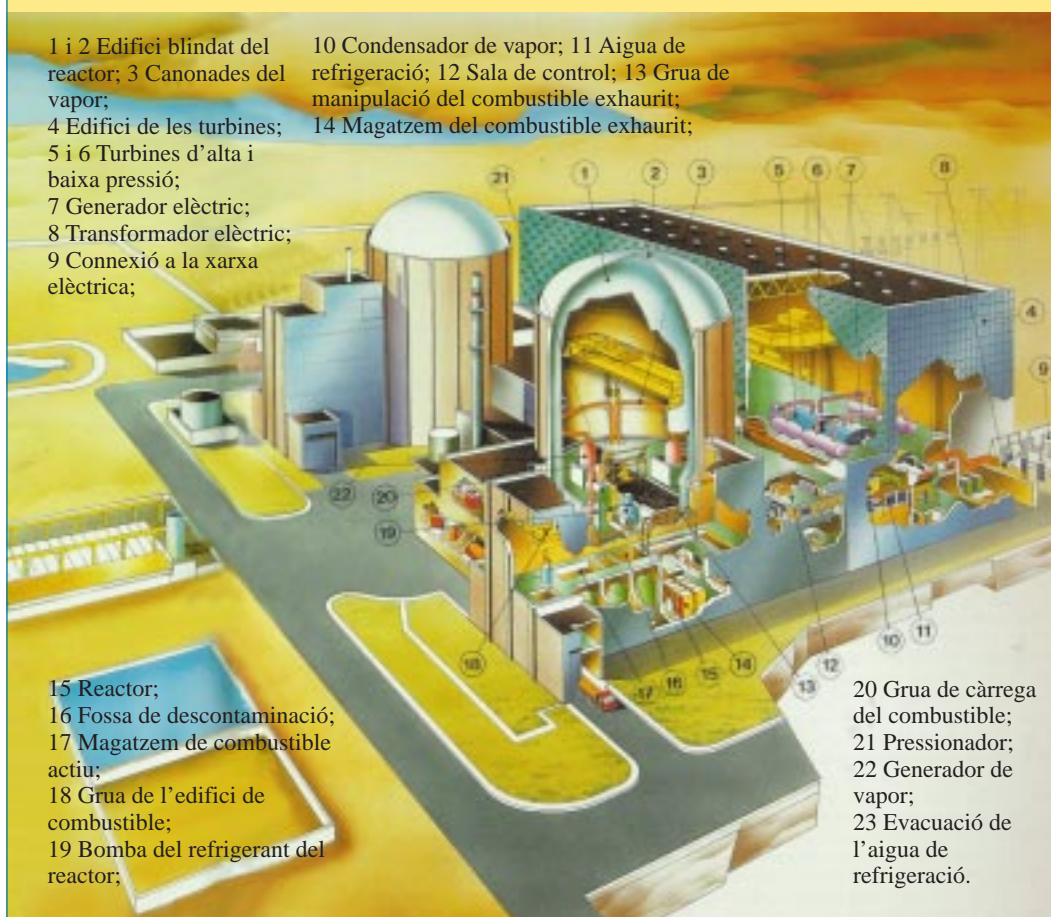
- Els reactors ràpids o supergeneradors en els quals el refrigerant és el sodi líquid; utilitzen com a combustible una barreja d'urani enriquit i plutoni. Tot i que no s'ha demostrat, afirmaven que produïen més plutoni del que consumien. Des de 1994 els supergeneradors operen per *incinerar* elements radioactius de llarga durada i reduir els residus.



A l'esquerra: Detall del reactor nuclear on van les barres de combustible. A dalt, pastilla de plutoni fotografiat amb la llum de la seva radiació.

## Diagrama de funcionament

A la càmbra cuirassada a pressió del reactor atòmic (1) es troba el nucli del reactor amb les corresponents barres de combustió d'urani (15). La fissió nuclear s'inicia mitjançant l'extracció de les barres reguladores contingudes en el reactor. L'energia que es produeix com a conseqüència escalfa l'aigua de les canonades que envolta el nucli del reactor i que alhora fa la funció de líquid de refrigeració (3). L'aigua, que es troba a una temperatura de 300 °C i una pressió de 150 atm, es bombejada cap al generador de vapor o bescanviador de calor (22), on s'encarrega d'escalfar l'aigua d'un segon cicle d'aigua (circuit secundari) i convertir-la en vapor. Aquest darrer es conduït a través d'una turbina (5 i 6) que a través del seu moviment acciona el generador (7), encarregat de produir l'energia elèctrica (8) i distribuir-la a la xarxa en forma d'electricitat d'alt voltatge (9). El vapor d'aigua torna a convertir-se en aigua líquida mitjançant l'aigua de refrigeració (11) que s'extreu d'un curs d'aigües permanents o, com en el cas de Catalunya, del mar, i s'acumula al condensador (10), des d'on torna a ser bombejat cap a l'intercanviador de calor. Les grans xemeneies que veiem en algunes de les centrals nuclears no són res més que torres de refrigeració per tornar a refredar l'aigua extreta abans de tornar-la al riu o al mar, però en altres tipus hi ha simplement un edifici de refrigeració (4).





## La radioactivitat

Els nuclis atòmics d'alguns elements químics són inestables a causa de l'excés d'energia acumulada al nucli. La radioactivitat és, precisament, la propietat de desintegrar-se espontàniament a fi d'aconseguir l'estabilitat tot alliberant partícules i radiacions electromagnètiques. El resultat de la desintegració radioactiva és sempre la formació d'uns altres elements fins a assolir una forma estable. Per exemple, el carboni 14 es desintegra transformant-se en un nitrogen 14 i alliberant una partícula beta. Aquestes radiacions radioactives són invisibles, no les percebem amb cap dels sentits, llevat que siguin d'una gran intensitat. En el cas d'una forta dosi es manifesta com si fos una cremada, però, si no afecten les estructures cel·lulars i les percebem en forma de càncers i altres alteracions fisiològiques. La radioactivitat la defineixen quatre tipus de radiacions:

- radiació alfa: es produeix en desprendre's del nucli 2 protons i 2 neutrons; de poca penetració, no van més enllà de 0,1 mm en el teixit.

- radiació beta: es produeix en desprendre's del nucli un electró quan un dels neutrons es converteix espontàniament en un protó; poden endinsar-se fins a uns quants mil·límetres en el teixit.

En els processos de desintegració que generen partícules alfa i beta s'allibera energia en forma de radiació:

- la radiació gamma, també s'anomenen fotons d'alta energia i tenen una longitud d'ona molt curta, per la qual cosa poden penetrar totes les matèries. L'única manera d'aturar-los és mitjançant gruixudes capes de plom o ciment;

- els raigs X són igualment una ona electromagnètica producte de la transformació de les capes d'electrons. La desintegració dels nuclis inestables pot durar des de setmanes fins a desenes de milers d'anys. Per això, la capacitat radioactiva d'un element la mesurem com a període de semidesintegració, és a dir, el temps que necessita perquè la meitat d'una determinada quantitat dels nuclis radioactius es desintegri. Aquest tipus de reacció de desintegració és perpetua fins que s'assoleix un nucli estable. Entre els elements naturals radioactius destaca per la seva capacitat l'urani natural compost en un 99,7 % per urani 238 estable i dues formes inestables: l'urani 234 en un 0,006% i l'urani 235 en un 0,7%. Aquestes formes inestables s'anomenen isòtops radioactius. A la natura no es troba en forma pura sinó com a mineral, és a dir, en forma composta.

## MITE 1: L'ús global de l'energia és fort i en expansió

*« ... L'energia nuclear està ben establerta, és econòmica i una font important de subministrament elèctric. A llarg termini, la constant demanda d'electricitat fa esperar un desenvolupament nuclear més gran. »*

*International Atomic Energy Agency, 1995*

**RESPOSTA DEL SAFE ENERGY  
COMMUNICATION COUNCIL (SECC):**

*Des de l'accident, la fusió parcial, de Three Mile Island (Harrisburg) que va aterrir el món l'any 1979, la indústria nuclear ha insistit que aquesta imatge canviaria i que els programes de construcció de noves centrals s'accelerarien novament. Però durant les dues darreres dècades l'energia nuclear ha passat d'èsser una opció d'energia convencional a convertir-se en una energia plagada de problemes creixents i importància decreixent a quasi tots els països.*

## La fissió nuclear

Es tracta del procés de bombardeig del nucli d'un element amb neutrons per provocar el trencament d'aquest i originar així dos nuclis més petits, l'emissió de diversos neutrons que al seu torn bombardejaran nous nuclis. Aquesta reacció nuclear s'esdevé a una gran velocitat, de manera que la suma de les petites energies calòriques de cada bombardeig assoleix un valor energètic molt elevat. L'única forma d'aturar una reacció nuclear és absorbint els neutrons que es generen, de manera que s'alenteixi la reacció en cadena o fins i tot s'aturi.

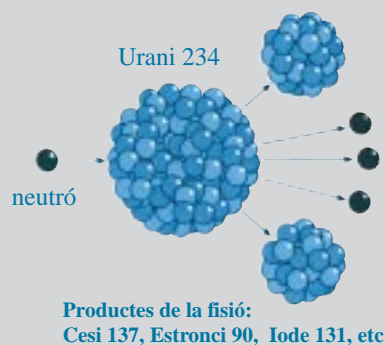
La fissió nuclear és doncs el procés de fragmentació del nucli d'un element quan hi ha un bombardeig sobre els isòtops radioactius. Durant aquest procés es formen una bona colla d'altres elements radioactius.

Les sèries de desintegració varien en cada isòtop radioactiu. Per exemple, en el cas de l'urani 234 es produeixen diferents elements fins arribar a la forma estable i pel camí s'alliberen diverses formes de radiació.

Urani  $\rightarrow$  Tori  $\rightarrow$  Radi  $\rightarrow$  Radó  $\rightarrow$  Poloni  $\rightarrow$  Plom (estable)  
 $\alpha$   $\beta$   $\alpha$   $\alpha$   $\beta$

En la fissió de l'urani d'una central nuclear es formen més de 400 elements radioactius diferents, entre els quals els més significatius són:

Element	Estat	Temps de semidesintegració*
Criptó 85	Gas	10,76 anys
Triti	Gas	12 anys
Estronci 90	Metall tou	28 anys
Cesi 137	Metall	30 anys
Plutoni 239	Metall	24.400 anys
Iode 129	Sòlid	7.000.000 anys



\* T emps necessari perquè es perdi la meitat del poder radioactiu per una determinada quantitat de l'element.

El control o domesticació de la fissió nuclear ha estat el resultat d'un llarg procés de recerca per evitar que el material radioactiu no provoqués una reacció en cadena imparabile que alliberés tota l'energia gairebé de forma instantània. En una central nuclear el nombre de fissions produïdes es regula afegint materials capaços d'absorbir neutrons com ara el bor i altres elements (les anomenades barres de control, amb les quals si se n'afegeixen en excés s'atura el procés de fissió). Una explosió atòmica no és res més que una reacció nuclear descontrolada. Les bombes d'Hiroshima i Nagasaki foren de fissió. Posteriorment, les anomenades bombes H són de fusió perquè el seu poder calorífic és encara més destructiu.

## El panorama mundial

La contribució de l'energia nuclear a la xarxa elèctrica mundial ha tocat sostre, des de 1988, molt per sota del nivell que els defensors nuclears havien predit. L'increment de costos, les intractables qüestions

d'eliminació dels residus nuclears i l'existència d'altres alternatives energètiques més segures i econòmiques han conduït a l'aturada de comandes de noves centrals nuclears i a un gradual rebuig d'aquesta tecnologia en el mercat mundial.

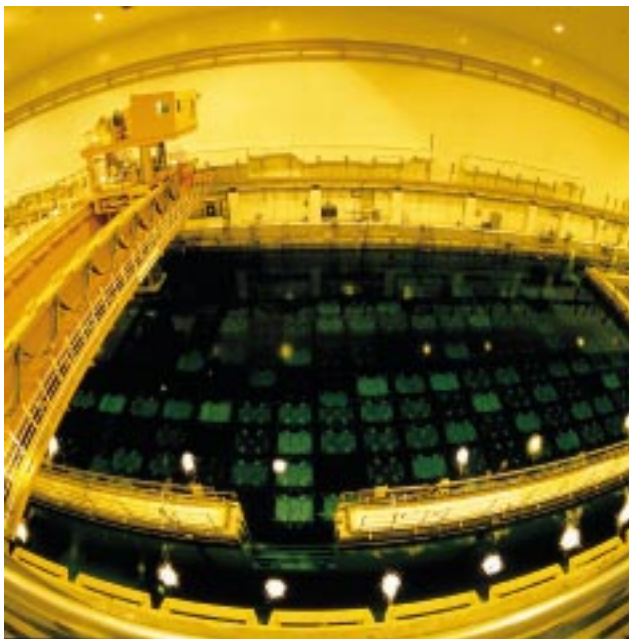
El rebuig de l'energia nuclear iniciat als

Estats Units i a Europa Occidental s'ha transmès durant la dècada dels anys 80 a l'Amèrica del Sud. L'onada democràtica de l'Europa Central, la de l'Est i l'antiga Unió Soviètica a finals dels anys 80 i principis dels anys 90 ha promogut la moratòria nuclear i la cancel·lació de dotzenes de centrals a la zona. Els programes nuclears també han patit atacs i un nivell creixent de crítiques públiques a Àsia. Com a resultat, els plans mundials d'expansió de l'energia nuclear han fallat a la curta, fins i tot en aquells països que hom considerava que havien de liderar-la.

### *Amèrica*

Les dades més significatives dels Estats Units són:

- Menys del 20% de l'energia elèctrica és d'origen nuclear. La capacitat nuclear total dels 110 reactors dels Estats Units és de 100.000 MW.



Piscina d'emmagatzematge de residus d'alta radiació a la planta de reprocessament a Sellafield al Regne Unit.

- Durant els últims 30 anys, les companyies elèctriques han cancel·lat més de 120 reactors, que equivalen a 132.000 MW.

- Des de 1978 no s'ha sol·licitat cap llicència d'obertura per a cap nova central.

- L'últim reactor en construcció va ésser connectat a la xarxa elèctrica a començaments de 1996.

Amb la creixent expansió de l'energia elèctrica de cogeneració als EEUU s'espera un gradual desmantellament de reactors, de fet el grup inversor de Nova York Shearson Lehman Brothers, ja va predir l'any 1993 que les raons econòmiques (juntament amb l'envelliment accelerat dels reactors) podien fer tancar prematurament 25 reactors dels que es trobaven en funcionament al país abans de l'any 2003. D'altra banda, segons el document "El punt de vista de la indústria elèctrica de 1996" elaborat pel Washington International Energy Group's, el 89% dels executius de les companyies elèctriques d'Es-

tats Units no esperava cap nova comanda de reactors nuclears, i només el 8% afirmava que hi hauria un ressorgiment de la indústria de la energia nuclear als Estats Units.

Al Canadà, la davallada també ha estat espectacular: 21 reactors operatius seran properament desmantellats. L'Ontario Hydro, una de les companyies més significatives d'aquest sector, retirarà de forma prematura els vells reactors a causa dels problemes de les centrals de Bruce i de Pickering.

A l'Amèrica del Sud només operen cinc reactors nuclears: dos a Argentina, dos a Mèxic i un al Brasil. Tots ells són propensos a tenir accidents i sovint han d'ésser aturats per avaries. Tant Argentina com Brasil tenen un projecte de construcció d'un tercer reactor, però el



projecte de tercer reactor argentí serà abandonat per raons pressupostàries, segons ha estat anunciat.

També a Cuba, per raons econòmiques, es va aturar l'agost de 1992 la construcció de dos reactors de disseny soviètic. Tanmateix, a finals de 1995, hi havia indicis que Rússia i Cuba estaven buscant novament finançament estranger per acabar la construcció dels reactors.

### *Europa Occidental*

A l'Europa Occidental, la construcció de nous reactors nuclears s'ha aturat arreu, excepte a França. Avui el debat a Europa se situa en el fet de saber quan es tancaran els reactors existents.

La construcció de noves centrals està paralitzada totalment a Bèlgica, Alemanya, Itàlia, Holanda, Espanya, Suècia, Suïssa i el Regne Unit.

A Finlàndia, el setembre de 1993, el parlament va rebutjar els plans del govern de permetre la construcció d'una cinquena central nuclear, tot i que *a priori* semblava el país cridat a liderar el renaiement nuclear a Europa.

A Suècia, el parlament va garantir, l'any 1980, dur a terme la fase final de l'energia nuclear que havia de cloure's l'any 2010. D'altra banda, el govern suec va decidir tancar un dels dotze reactors existents al país en el període del seu mandat quadriennal (1994-1998).

A Holanda, el Parlament va rebutjar la petició de renovar la llicència de funcionament per a l'única gran central de què disposa, fins a l'any 2007. S'espera també que el reactor, anomenat Borselle, de 449 MW es tanqui l'any 2003 com a molt tard.

Àustria va acabar la construcció de la seva única central nuclear a Zwentendorf

l'any 1978 i la va abandonar vuit anys després, és a dir l'any 1986, sense que hagués funcionat mai.

A Itàlia, el novembre de 1987, els ciutadans i ciutadanes van bloquejar, mitjançant un referèndum, l'expansió del programa nuclear al seu país.

D'altra banda, el mes de juny de 1990, el parlament italià va aprovar el desmantellament de les tres unitats que havien estat tancades arran de l'accident de Txernòbil l'any 1986.

A l'Estat espanyol el primer govern socialista va aprovar una moratòria que fixava la potència màxima instal·lada en només 7.500 MW, refent d'aquesta manera les previsions del Plan Energético Nacional de 1975 que ho preveia fixar en 22.500 MW. A Catalunya el 76% de l'energia elèctrica és



Interior del nucli d'una central nuclear.

## Resum de dades mundials sobre l'energia nuclear\*

- Només hi havia 34 centrals nuclears en construcció amb una capacitat combinada de 27.404 Megawatts (MW), el nombre més baix dels últims 25 anys.
- Només quatre països al món –França, Japó, Índia i Corea del Sud– construïen més de dos reactors nuclears.
- Cap govern o empresa elèctrica no havia començat la construcció de cap nou reactor comercial l'any 1995.
- 84 reactors (21.823 MW) han estat tancats definitivament (vegeu pàgina 32).
- La mitjana de vida operativa dels reactors ha estat inferior als 17 anys, la qual cosa representa menys de la meitat dels 40 anys previstos de vida per a aquests reactors.
- 434 centrals nuclears comercials eren en funcionament, només 9 més de les que hi havia al gener de 1990.
- La potència nuclear total instal·lada era de 340.282 MW, només un 3% superior als 329.000 MW de 1990 (vegeu la pàgina 32).
- La quota d'energia nuclear del subministrament elèctric, aparentment, va arribar al màxim del 17%. La IAEA, ara, preveu que l'energia nuclear produirà entre un 13 i un 15% de l'electricitat mundial l'any 2015, però les xifres indiquen que l'energia nuclear ha assolit el màxim en subministrar en l'àmbit mundial el 7% de l'energia primària.

Malgrat els problemes crònics d'aquest tipus d'energia (la complexa construcció i els costos operatius, les dificultats tècniques i de seguretat, l'àmplia oposició pública, les despeses d'emmagatzematge i les desorbitades despeses de desmantellament), els governs membres de la International Energy Agency (IEA) de la OCDE, l'any 1994 van gastar aproximadament un 55% del seu pressupost total de recerca energètica i desenvolupament, uns 4.400 milions de dòlars, en investigacions adreçades a l'energia nuclear. (Nota de l'editor: Totes les dades econòmiques són expressades en dòlars americans si no s'indica el contrari.)

La previsió efectuada per la IEA l'any 1974 estimava en 4.450.000 MW la capacitat nuclear per l'any 2000, però si continua la tendència actual, és probable que el món tingui menys de 350.000 MW de potència nuclear (només un 3% més de la capacitat actual), és a dir 12 vegades menys del previst per la IAEA. De fet, les dades inflades han caracteritzat oficialment aquesta indústria durant dècades.

En l'actualitat, els projectes de la IAEA per a l'any 2005 preveuen la capacitat global nuclear entre 382.000 i 415.000 MW, xifres bastant més reduïdes de les que preconitzaven l'any 1974.

El gran descens dels programes nuclears es reflecteix també en la fallida de la indústria d'aquests sector econòmic i un indicador de la situació actual de la indústria és la dimissió d'Ivan Selin, l'antic director de la U.S. Nuclear Regulatory Commission. L'any 1995, Selin va anunciar la seva dimissió afirmant que «No crec que la indústria nuclear es recuperi».

*\*Dades actualitzades a l'1 de gener de 1996*

d'origen nuclear. L'accident nuclear de Vandellòs I, l'any 1989, va ésser decisiu per propiciar-ne el desmantellament definitiu.

A Suïssa no s'ha posat en funcionament cap central des de 1980. El setembre de 1990, els habitants suïssos van aprovar, mitjançant

referèndum, la moratòria d'una futura construcció per a després del canvi de segle.

Com a dada significativa cal assenyalar que, l'any 1995, els residents del cantó suís de Nidwald van rebutjar acollir un cementiri de residus nuclears de "baix nivell radioactiu" a

## La radiació de baixa intensitat

Els éssers vius rebem de la radiació còsmica i de la radioactivitat natural de les roques la quantitat d'uns 0,125 rem l'any. En principi no és fàcil avaluar quina incidència real té per a la vida, però en tot cas, el problema deriva del fet que al llarg de l'any afegim noves dosis de radioactivitat al nostre organisme provinent de les exploracions mèdiques o de la de tipus professional originada tant per determinats processos industrials com per aparells electrònics. A més, actualment, cal afegir-hi l'originada per les explosions atòmiques i les fuites radioactives de les centrals nuclears.

Podem comparar l'efecte de la radioactivitat sobre les cèl·lules amb el d'una pedregada de petits projectils que destrueixin les estructures cel·lulars i moleculars que troben en el seu camí. Segons siguin els danys cel·lulars, la radiació pot comportar greus perjudicis per a la salut i fins i tot la mort. Les malformacions són habituals quan la radiació afecta les cèl·lules reproductores, especialment, els òvuls femenins ja que no es renoven com els espermatozous.

El problema de la radioactivitat rau en el fet que s'emmagatzema en els teixits dels éssers vius i a mesura que s'incrementa el seu poder d'irradiació també és fa més letal. Exemples evidents són el iode 131, que s'acumula en la glàndula tiroide; l'estronci 90, que s'acumula sobretot en els ossos, especialment en els nens i les nenes en creixement, ja que el cos el "confon" per la seva similitud estructural amb el calci. Amb el temps poden provocar diferents tipus de càncer (càncer de tiroide i leucèmia).

Si la dosi rebuda ha estat molt elevada, hi pot haver una destrucció cel·lular massiva i provocar la mort en menys de 4 setmanes. En el cas del càncer, avui sabem que totes les formes d'aquesta malaltia poden ser provocades per la radioactivitat. Tanmateix, sempre hi ha un període de latència, que pot ser entre 5 i 30 anys.

Han estat necessaris més de 50 anys perquè en els hospitals i clíniques privades s'instal·lessin mesures de seguretat per al personal i els pacients que estiguin en contacte amb raigs X i perquè no es continués fent radiografies a dones embarassades. Però encara continua sent freqüent que els radiòlegs no utilitzin protectors per cobrir tant els òrgans de reproducció femenins com masculins a l'hora de treballar, la qual cosa pot portar a malformacions en els nadons i a morts prematures del fetus.

En el cas dels assajos i els accidents nuclears, se sap que les partícules radioactives no només queden concentrades en les localitzacions concretes, sinó que es dispersen per tot el planeta i són precipitats sobre la terra per les pluges (fenomen anomenat *fall-out*).

Els diferents països europeus han acordat un valor límit de radiació admissible en les immediacions de les centrals nuclears, fixat en 30 mrem per any. L'accident de Txernòbil va fer augmentar en un 200% la radiació natural que rep el poble lapó al nord d'Escandinàvia en menys d'un mes.

Wolfenschiessen, i el govern va haver de fer esforços per trobar una solució política al descoratjador problema científic de quan i com aïllar permanentment els residus nuclears.

A les eleccions nacionals d'aquell mateix any, al parlament, el partit socialista antinuclear

va ésser el més votat, i un dels seus membres, Moritz Leuenberger, que havia estat advocat de la societat suïssa per a l'energia solar, va ésser escollit com a ministre d'energia.

Alemanya té en funcionament 19 reactors. Governos de diversos lands, així com el partit



## **Els efectes dels productes radioactius dins el cos humà**

Les fuites radioactives de les centrals nuclears inclouen partícules radioactives anomenades núclids, que són incorporades al cos humà per inhalació de l'aire contaminat o per ingestió d'aliments contaminats. Aquesta és la raó per la qual la radioactivitat és perillosa encara que sigui en les dosis més insignificants.

En el cas dels humans, que en la cadena tròfica es troba com un dels darrers elements, estan especialment exposat a una acumulació alta d'elements radioactius a través de l'aliment que ingereixen. Els més freqüents en accidents de centrals nuclears són el iode 131, el cesi 137 (element majoritari de la catàstrofe de Txernòbil), l'estronci 90 i també el plutoni 239, que no s'allibera en quantitats altes, però que a causa de la seva alta toxicitat carcinogènica el comentarem amb els anteriors.

### **Iode 131**

Aquest element s'acumula de manera primordial a la tiroide, on és assimilat com si fos iode normal, incloent-se en la producció d'hormones com la tiroxina i la triiodo-tiroxina. Aquestes s'emmagatzemen i només són segregades en petites quantitats al sistema circulatori en cas de necessitat. Això fa que actuï durant llargs períodes de temps sobre la glàndula tiroide, augmentant el risc de contraure càncer de tiroide. Aquest normalment es manifesta al cap de 11 a 15 anys.

### **Estronci 90**

Les cèl·lules del cos no tenen cap mecanisme per diferenciar entre el calci i l'estronci radioactiu, i això fa que s'incorpori de manera directa als ossos. Aquesta acumulació és molt important en els infants a causa del creixement del sistema ossi i l'element incorporat es manté fins a 50 anys en els ossos o el moll de l'os, radiant constantment sobre les cèl·lules properes, ja que el temps de semidesintegració de l'estronci és de 28 anys. Els tipus de càncer més habituals provocats per l'estronci són la leucèmia i el càncer d'ossos. En el cas de les mares en lactància, aquest element es mobilitza per donar calci al nadó, a través de la llet materna.

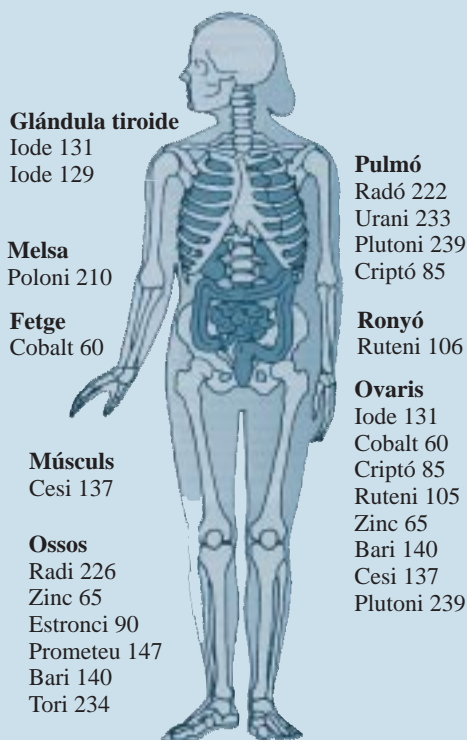
### **Cesi 137**

Substitueix el potasi en el cos i es pot trobar en tots els teixits, ja que està present en totes les cèl·lules, tot i que principalment s'acumula en els músculs, on pot romandre des de pocs mesos fins a anys abans no torna a ser expulsat. Pot ser causa de les formes més diverses de càncer.

### **Plutoni 239**

És l'element tòxic més potent que es coneix (10.000 vegades més verinós que el cianur) i el seu temps de semidesintegració és de 24.000 anys. Només un microgram ( $1 \times 10^{-6}$ g) pot tenir efectes cancerígens en el cos humà, i és pràcticament impossible detectar-lo. En els casos en que hi ha una fuga d'aquest element, el plutoni forma aerosols d'òxid de plutoni, que són inspirats pels éssers vius i que s'acumulen en els alvèols pulmonars. Aquí acostumen a restar-hi durant 1-6 anys, sent possible que originin càncers de pulmó. Per norma general s'expulsen mitjançant tos o també poden passar als vasos sanguinis i continuar al cos, en especial a les glàndules limfàtiques. Només la perillositat d'aquest element radioactiu hauria de ser un argument suficient per no desenvolupar noves tecnologies nuclears i abandonar les centrals que en l'actualitat es troben en funcionament.

### Elements radioactius que s'acumulen al cos humà



### Les unitats de mesura de la radioactivitat

- Dosi de radiació absorbida: expressa la quantitat d'energia (joules) comunicada per les radiacions ionitzants a una massa definida de matèria biològica. La unitat de mesura és el Gray (Gy) que equival a joule per kg. També s'utilitza el Rad (100 rad = 1 Gy).
- Dosis equivalents segons la capacitat d'absorció dels teixits humans. Hi ha una convenció dosimètrica equivalent general per al cos humà. La unitat de mesura és el rem (rem) que expressa la quantitat de radiació que causaria el mateix dany a un teixit humà que un roentgen de raigs X o gamma. També s'utilitza el Sievert (Sv). El Sievert equival a 100 rems.
- El roentgen és la quantitat de radiació per centímetre cúbic d'aire i equival a un rem si la font de radiació és de raigs X o gamma. S'utilitza per a mesures de fonts d'emissió d'alta radioactivitat.
- Quantitat de radioactivitat: mesura el nombre de desintegracions per segon d'un isòtop amb independència de la naturalesa de la radiació emesa. La unitat és el Becquereli (Bq) i el Curi (Ci) que equival a  $3,7 \times 10^{10}$  Bq.

socialdemòcrata (partit majoritari de l'oposició del parlament federal) han demanat acabar amb l'energia nuclear. Aquest clima polític va propiciar que l'any 1989 s'abandonés la construcció de la central de reprocessament a mig construir de Wackersdorf (Baviera) així com el tancament permanent del reactor ràpid de Kalkar, l'any 1991, amb la qual cosa no es va arribar a posar mai en funcionament. L'any 1995 una companyia holandesa va proposar convertir la central de Kalkar en un parc d'atraccions.

També el reactor de Würgassen de 640 MW va ésser tancat per raons econòmiques, segons va anunciar, l'agost de 1995 l'empresa Preussen Elektra. Aquest tancament es va efectuar de manera accelerada per qüestions polítiques.

També ha estat desmantellada la central nuclear de Niederaichbach (Baviera) de 100 MW on cal destacar com a dada rellevant que el desmantellament ha comportat un cost econòmic quatre vegades més elevat que el de construir-la l'any 1972. D'altra banda, respecte al reactor de Mülheim-Kärlich de 1.219 MW, el novembre de 1995 un tribunal va dictar novament una sentència contrària al seu funcionament al·legant la manca de llicència d'activitats.

Al Regne Unit el parlament va vetar la privatització de les companyies d'energia elèctrica nuclear de la nació. El sector nuclear va romandre en el sector públic i es va imposar a la població un impost sobre l'electricitat ("impost de combustible no fòssil") de l'11 % sobre el



consum elèctric per tal de poder cobrir els costos deficitaris derivats de la producció d'energia nuclear. Irònicament el dia abans que el parlament anunciés el seu veto a la privatització, la primera ministra, Margaret Thatcher, havia llegit a la seu de les Nacions Unides un discurs aprofundit sobre la necessitat de l'energia nuclear.

D'altra banda, quan es van fer públics els comptes econòmics de la indústria nuclear britànica es va posar de manifest que el govern havia mentit sobre els costos reals: les despeses de producció eren el doble del manifestat i les despeses de desmantellament quatre vegades més elevades.

L'últim projecte, la central Sizewell B, de 1.188 MW, va ésser connectada a la xarxa elèctrica l'any 1995, i va ésser parcialment sufragada amb els fons d'ajuts al consumidor. Un cop més el govern va estafar els i les contribuents ja que havia assegurat que el fons derivat de l'impost seria destinat a pagar les obligacions del desmantellament i no dedicat a la construcció o posada en funcionament de noves centrals nuclears.

La indústria nuclear britànica va anunciar finalment el desembre de 1995 que rebutjaria tots els plans de construcció de reactors addicionals a fi d'aconseguir la confiança dels inversors del capital. El prestigiós *Financial Times* assegurava que "no és probable que es construeixi cap altra central nuclear al Regne Unit". Aquesta afirmació, atenent la solvència de l'emissor, reforça la tendència actual que indica una precipitada davallada en la construcció de reactors, així com un constant augment de la tendència a desmantellar les centrals existents.

#### *Europa de l'Est i l'antiga Unió Soviètica*

Els programes nuclears a l'Europa de l'Est i a l'antiga Unió Soviètica han experimentat seriosos contratemps des de l'accident de

Txernòbil l'any 1986.

Els aspectes relacionats amb la seguretat de les centrals en funcionament són els més preocupants en les centrals dels països de l'antic bloc comunista. Ja l'any 1992, el llavors primer ministre suec, Carl Bildt, assenyalava que 40 dels 58 reactors nuclears russos aleshores operatius, haurien "quedat tancats ahir" si fossin als Estats Units o a Suècia. També abans de la caiguda del mur, els responsables dels programes d'energia nuclear de l'Alemanya Occidental van declarar que els reactors de l'Alemanya de l'Est no eren segurs per a un funcionament continuat si no es renovaven de manera immediata.

L'any 1995 es va produir un incendi a la central nuclear Kozloduy de Bulgària; l'accident no va sorprendre els experts ja que el Departament d'Energia dels Estats Units (DOE) la tenia qualificada com a molt perillosa des de temps enrera. A l'antiga Unió Soviètica, la manca de cobrament del salari dels treballadors, els ha dut a fer vagues de zel i a aturar diverses centrals, incloent la de Smolensk, Kola, Kalinin i Bilibino.

També la manca de recanvis ha provocat un perillós deteriorament de la seguretat dels reactors russos en aquests darrers anys.

El novembre de 1995 els consumidors i consumidores d'electricitat devien 555 milions en endarreriments pel pagament de l'electricitat a les centrals nuclears, mentre que els treballadors que, de mitjana, no havien cobrat des de feia tres mesos, amenaçaven de fer vaga.

La postura inicial dels països del bloc comunista després de l'accident de Txernòbil va ésser la de tancar dues dotzenes de centrals antigues i poc segures. Malauradament, només s'han clausurat al sector de l'antiga Alemanya Democràtica. Mentrestant a Armènia, els mecànics russos acabaven els treballs de rehabilitació i la reobertura del reactor de la

## Dades sobre el cicle del combustible nuclear

L'urani s'extreu de diversos minerals d'urani. A l'Estat espanyol n'hi ha dues mines en funcionament: Saelices-El Chico (Salamanca) i La Haba (Badajoz) que proporcionen el 27 % de l'urani consumit. La d'Andújar (Jaén) fou clausurada recentment. Per cada tona de mineral d'urani (pecblenda) extret hi ha vora de 2.000 tones de runes. Això fa que s'acumulin grans quantitats de llots de baixa

radiació. L'explotació de les mines d'urani desprèn gas radó, un gas radioactiu natural però que pot causar trastorns de salut a les persones que hi estan exposades.

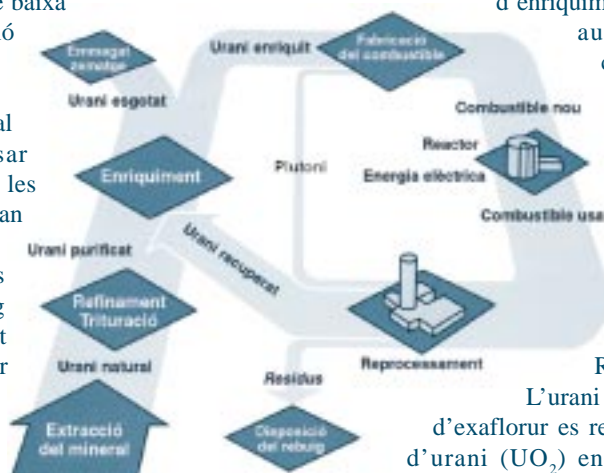
En el millor dels casos per cada 1kg U238 que es pot purificar cal depreciar 1.000 kg de residus. La concentració i separació de l'urani útil per a una central

nuclear es fa amb lixiviació àcida del mineral i precipitat posteriorment per obtenir l'anomenada coca groga (*yellow cake*). Aquest procés es realitza al nostre país a Juzbado (Salamanca).

A continuació cal iniciar el procés de concentrar per extreure-li els compostos d'urani que captarien neutrons i farien aturar el reactor. Aquest procés s'anomena purificació i permet obtenir l'exafluorur d'urani (UF6) que s'utilitzarà en l'enriquiment isotòpic. Per obtenir 7 kg d'urani fissible en forma d'urani 235, es necessiten 1000 kg d'urani natural concentrat. Durant el procés d'enriquiment s'aconsegueix

augmentar la concentració d'urani fissible a uns 20 kg/t. Aquesta és una operació molt complexa que només es realitza en uns pocs indrets al món. Un d'ells és a la vall del Roine a França.

L'urani enriquit en forma d'exafluorur es reconverteix a òxid d'urani (UO<sub>2</sub>) en pols que posteriorment serà premsat i convertit en un producte ceràmic. El combustible nuclear pròpiament és un cilindre metàl·lic farcit de pastilles d'òxid d'urani.



central de Metzamor l'any 1995. Aquesta central armènia havia estat tancada per les autoritats soviètiques com a mesura de precaució després d'un fort terratrèmol l'any 1988 i encara es manté a la llista del Departament d'Energia dels Estats Units com un dels reactors més perillosos en territori soviètic.

Fins i tot un informe confidencial del World Bank i la International Atomic Energy Agency (IAEA) de la OCDE confirmava que seria més barat tancar les centrals nuclears més perilloses del bloc de l'Est que tractar de millorar-ne la seguretat.

Sortosament, diversos projectes nuclears han estat cancel·lats a Bulgària, Rússia, la República Txeca, Hongria, Polònia, Eslovàquia i Ucraïna arran del colapse de l'imperi soviètic. Només a l'antiga Unió Soviètica, una cinquantena de reactors previstos de construir o en construcció van ésser aturats durant els cinc anys posteriors al desastre de Txernòbil. L'informe de la IEA confirmava que només un reactor s'estava construint a Rússia. Tot i així, a començaments de 1996, 10 reactors seguien en construcció a l'antic bloc de l'Est. Recordem, tanmateix,

que l'any 1986, abans de l'accident de Txernòbil, estava previst de construir-ne 65.

## Àsia

Els països de l'est asiàtic com el Japó, Corea del Sud, Xina i Taiwan tenen prop d'una tercera part de les centrals en construcció en el món. També en aquests països l'oposició de la població augmenta any rera any, i companyies elèctriques i governs estan considerant alternatives a l'energia nuclear.

A finals dels anys 70 i començaments dels anys 80, Taiwan tenia previst incrementar el seu estoc fins a 20 reactors en canviar de segle, Xina 10 reactors i Corea del Sud 47. Tot i l'elevat nivell d'inversió que requereix l'energia nuclear i l'advertència que va significar la catàstrofe de Txernòbil, aquests països segueixen mantenint la previsió d'incrementar fins a 6, 3 i 16 reactors nuclears respectivament per a l'any 2000.

Corea del Sud té el programa més actiu de tot el món amb 5 reactors en construcció, que afegeixen un total de 3.870 MW als ja exis-

tents. En un país caracteritzat pel ràpid creixement econòmic, amb una també creixent demanda d'electricitat, sense recursos energètics fòssils i amb un govern autoritari, el desenvolupament de l'energia nuclear ha estat una prioritat nacional. L'any 1994 el 35% de l'electricitat del país la subministraven 10 centrals nuclears. Un nou reactor va ser connectat a la xarxa l'any 1995, però per problemes de contaminació del combustible, no va començar a funcionar fins 1996.

Els obstacles econòmics no són els únics que té Corea del Sud per aconseguir les seves fites. Des de Txernòbil, Corea del Sud ha hagut de fer front a una aferrissada oposició popular al seu programa d'energia nuclear. Les protestes es van iniciar a finals de 1988 i no han parat fins ara: 16 organitzacions sud-coreanes formen una coalició per lluitar contra l'ús de l'energia nuclear a la península.

Les accions no han estat endebades. El gener de 1996, el govern local va revocar el permís de construcció de dos nous reactors a la central de Yonggwang. El pla anunciat el desembre de 1994 per emmagatzemar resi-

### Aplicacions dels isòtops radioactius

Molts dels radioisòtops d'ús no energètic es produeixen a les centrals nuclears. Curiosament, aquestes substàncies radioactives tenen nombroses aplicacions tant a la indústria com en medicina i biologia. Destaquem que en medicina s'empren per destruir cèl·lules canceroses, per tractar l'hipertiroidisme, per diagnosticar patologies pulmonars, per estudiar òrgans (radiografies), etc. En biologia són fonamentals en moltes recerques bioquímiques.

A la indústria, les principals aplicacions es concentren en la comprovació de soldadures en estructures metàl·liques d'avions, cotxes, canonades, etc. Igualment, s'empren en anàlisis i inspeccions de materials, detectors de fums, control de contaminació, etc.

La major part d'aquests radioisòtops són de baixa radiació; tanmateix, cal que siguin tractats adequadament un cop s'ha acabat la seva vida útil. Això explica que els residus radioactius de baixa activitat siguin quantitativament importants. En contraposició, els elements radioactius de les centrals nuclears són majoritàriament d'alta activitat i presenten una problemàtica molt important a l'hora de tractar-los adequadament a fi que la radiació que desprenen no sigui perillosa ni per a la salut humana ni per al medi ambient.

us en una petita illa de la costa oest va haver d'ésser cancel·lada el novembre de 1995 a l'empara de l'argument que existien unes condicions geològiques inestables a la zona. Fins i tot el sots-president de les indústries de l'Estat, KEPCO, admet que la indústria té problemes per trobar emplaçaments per a nous reactors i per a emmagatzemar residus.

Els dirigents nuclears de Corea del Sud han estat esquitxats per escàndols de suborn que han encrespat el clima polític del país. Tanmateix, tot i que el president de la KEPCO, Ahn Byong-wha, va ésser tancat a la presó per haver acceptat suborns del representant sud-coreà de l'empresa canadencanca Atomic Energy of Canada, Ltd. (AECL), l'any 1992, l'AECL obtingué el permís per construir dos nous reactors al país.

Taiwan, l'any 1994, disposava de sis reactors nuclears que subministraven el 32% de l'electricitat del país. El descens en la demanda elèctrica ha fet que el govern paralitzés els plans per construir-ne de noves.

### El poder de l'energia nuclear al món

País	% Electricitat nuclear	Milions de kWh
França	78	368.188
Catalunya	76	22.224
Bèlgica	60	41.927
Suècia	43	61.395
Espanya	36	56.060
Corea del Sud	36	58.138
Ucraïna	33	75.243
Alemanya	29	153.476
Japó	28	249.256
Regne Unit	28	89.353
Estats Units	19	610.365
Canadà	18	94.823
Rússia	12	119.186
<b>Món</b>	<b>18</b>	<b>2.167.515</b>

Les dades de Catalunya corresponen a l'any 1996, la resta són de l'any 1993.

Tot i així, no han mancat les protestes populars cada vegada que s'ha plantejat un nou projecte. El setembre de 1994, les protestes van entrar en una espiral de violència

### La fusió nuclear: l'energia de les estrelles

La fusió nuclear és l'energia que utilitzen les estrelles i és el producte de la reacció entre àtoms d'elements lleugers veïns que són forçats a unir-se. El resultat del xoc és l'obtenció de grans quantitats d'energia calorífica en forma de neutrons energètics. La reacció més senzilla de fusió és la formació de l'heli fent xocar dos nuclis, un de deuteri i un de triti (isòtops de l'hidrogen) a altes temperatures que desprenen una gran quantitat d'energia.

En teoria, amb prou feines es generen materials radioactius com en la fissió i, en tot cas, la seva capacitat radioactiva és de menys de 25 anys. S'ha considerat que podria ser la font d'energia inesgotable que necessita la humanitat. Tanmateix, encara som a les beceroles per poder pensar en una possible aplicació industrial. L'estudi de la fusió nuclear va relacionada amb el de la física del plasma, un tipus d'estat de la matèria que existeix a l'espai sideral formant algunes estrelles, però que presenta greus dificultats per reproduir sobre la superfície de la Terra.

El problema de la fusió a nivell pràctic és que consumeix més energia de la que es pot produir. L'any 1989 la fusió va ocupar durant uns mesos l'atenció de mig món en anunciar-se l'anomenada fusió freda generada en fer saltar d'un electrode de paladi (un metall capaç d'absorbir grans quantitats de gas d'hidrogen) un corrent elèctric que travessés un bany d'aigua pesant que conté deuteri, un isòtop radioactiu de l'hidrogen. Alguns científics estudiosos de la fusió nuclear com el físic rus Andrei Sakharov —premi Nobel de la Pau l'any 1975 i desterrat per la seva defensa de la pau i el desarmament nuclear— l'any 1988 (un any abans de morir) va sentenciar en una entrevista "No crec que la fusió canviï el món"; en definitiva, que es mostrava escèptic sobre l'ús d'aquesta forma d'energia.

que va desembocar en la mort d'un policia i alguns ferits. A l'abril de 1995, la companyia elèctrica del govern, Taipower, va rebutjar dues propostes internacionals per un projecte –una d'Asea Brown Boveri (ABB) i una altra de la Westinghouse i la Nuclear Electric– perquè eren un 20% més cares del que havien previst. Recentment, el sotspresident de l'elèctrica de l'estat ha declarat que la probabilitat de construir altres reactors a Taiwan no és certa i que els plans per als nous reactors estan suspesos indefinidament.

Xina té un reactor nuclear de disseny nacional operatiu a Qinshan i dos reactors de disseny francès a la badia de Daya, prop de Hong Kong. La central de la badia de Daya té una història fosca, ja que més de la meitat de l'acer del reforçament vertical va desaparèixer. Tot i que es van fer els reajustaments necessaris, la confiança en el projecte es va perdre. Els reactors d'aquesta central van entrar, finalment, en funcionament els anys 1993 i 1994, la qual cosa va representar tres i quatre anys d'endarreriment sobre les dates previstes, i han patit molts problemes operatius. Darrerament, defectes a les guies de les beines de combustible (de disseny francès) han provocat llargues aturades dels dos reactors.

Malgrat els elevats costos i els problemes tècnics, Xina ha projectat noves i ambicioses fites, i preveu la construcció de vuit nous reactors per a l'any 2005 i una capacitat nuclear total de 20.000 MW per al 2010. El 1994, Xina va començar a treballar en dos reactors nacionals i va firmar un tractat de cooperació amb l'AECL de Canadà per negociar la compra de dos reactors. L'any 1995, les autoritats xineses van demanar ofertes per a quatre nous reactors als venedors russos i francesos.

Tailàndia es va fer enrera l'any 1994 del seu pla per comprar més de sis reactors; per contra Indonèsia continua movent-se lentament per comprar el llargament anunciat reactor nuclear, que s'ubicarà prop del volcà

apagat del Mont Muria a Java.

Les Filipines van gastar 2,2 mil milions de dòlars, entre finals dels anys 70 i començaments dels anys 80, en la central nuclear de Bataan Central, que mai no va obrir a causa dels problemes tècnics esdevinguts durant la seva construcció (duta a terme en el període dictatorial regit per Ferdinand Marcos). El constructor de la central, l'empresa Westinghouse Electric, va seguir, però, fent negocis en el país, tot i la controvèrsia creada i que va durar fins el desembre de 1995.

Vietnam es perfila com el següent candidat potencial per a l'energia nuclear.

L'Índia també s'ha fet un lloc al programa nuclear. A començaments dels 90, el govern fixava en 10.000 MW la capacitat de potència nuclear a assolir, dels quals 6.050 s'havien d'abastar l'any 2000, però a finals de 1995 la capacitat total dels 10 reactors del país era només de 1.695 MW, els quals contribuïen en menys d'un 1% a l'energia comercial del país. L'eficiència operativa dels reactors nuclears indis se situa al voltant del 28%, el nivell més baix del món. Les quatre noves unitats en construcció només subministraran 808 MW, mentre que segons les dades governamentals havien d'arribar als 2.503 MW.

Les centrals nuclears índies són propenses als accidents i altament ineficients. Durant els anys 1992 i 1993, el període de control més proper, el govern indi va superar 271 situacions de perill vital, incloent focs, fuites radioactives, fallades als sistemes principals i accidents dins les centrals nuclears i en els centres de recerca. Vuit treballadors van morir en aquest període. Una biga de 130 tones de l'edifici de contenció va enfonsar-se en un reactor en construcció a Kaiga l'any 1994. Evidentment, l'efecte que aquests esdeveniments van produir va ser qüestionar una vegada més la seguretat dels deu reactors indis en funcionament.

L'Àsia continua sent el darrer bastió de



creixement nuclear al món, malgrat que també ha sofert fortes reduccions respecte a les previsions inicials. L'opinió general va en la línia expressada per la revista britànica, de to conservador, *The Economist*, on en una editorial de l'octubre de 1995 manifestava que «els arguments econòmics per construir noves centrals nuclears no són convincents» i recomanava que «Àsia ha de resistir la temptació de portar els seus diners al programa (energia nuclear)».

Aquesta línia d'opinió difereix força de la recomanació que Hans Blix, director general del IAEA, va donar quan va visitar Bangkok el novembre de 1991. Blix va afir-

mar que «qualsevol país en desenvolupament amb alts nivells de creixement... s'ha de preparar per a un període nuclear».

La majoria de països en desenvolupament, això no obstant, estan seguint l'avís del *The Economist*. Malgrat la pressió comercial feta durant dècades per part dels venedors nuclears de la IAEA, la potència nuclear operativa l'any 1996 no superava el 7% del total mundial. Les característiques bàsiques de la implantació de l'energia nuclear a l'Àsia ha estat, sempre, el sobrecost durant la construcció, així com els problemes tècnics i els d'emmagatzemament dels residus.

### Els residus nuclears

Des de l'any 1946 fins al 1985 nombrosos països han submergit els residus nuclears en fosses marines de l'Atlàntic i el Pacífic. Les xifres d'aquests abocaments són molt difícils de conèixer, però es calcula en uns quants centenars de milers de tones amb una radioactivitat confinada de més de 10 vegades l'alliberada durant l'accident de Txernòbil. L'any 1972 uns 70 països van signar la Convenció de Londres per regular l'abocament de residus nuclears d'alta activitat al fons del mar, tanmateix, fins a l'any 1983 es van seguir abocant residus radioactius de mitja i baixa activitat. No fou fins l'any 1985 que es va signar un nou acord de moratòria indefinida. A l'Estat espanyol es va crear l'any 1984 l'empresa pública ENRESA per gestionar els residus nuclears. Aquesta empresa gestiona a El Cabril (Còrdova) un magatzem per als residus de baixa i mitjana activitat. La retirada, tractament i emmagatzematge dels residus de baixa i mitjana activitat procedents de centrals nuclears, hospitals, laboratoris, indústries, etc és d'uns 1.000 m<sup>3</sup>. Actualment, en aquest centre hi ha guardats 6.300 m<sup>3</sup> de residus nuclears, i té capacitat per fins l'any 2015. Els residus d'alta activitat generats a les centrals nuclears de cicle obert sense reproces, de moment, s'emmagatzemen en piscines d'aigua refrigerada dins les mateixes instal·lacions a l'espera de trobar-los una solució definitiva. Els nous reactors nuclears espanyols generen uns 250 m<sup>3</sup> de residus d'alta activitat. El volum emmagatzemat fins ara és de 3.100 m<sup>3</sup>. També hi ha combustible gastat que es pot reprocesar en plantes franceses o britàniques que es retorna novament a les centrals operatives per ser emprat com a combustible.

Els residus de baixa i mitjana activitat no hauran reduït el seu potencial radioactiu fins a una milèsima part fins d'aquí a uns 300 anys. Els d'alta activitat pot ser d'uns 250.000 anys. Per això la solució més acceptada és el confinament geològic enterrant-los en mines a uns quants centenars de metres sota terra (emmagatzematge geològic profund). Tanmateix, no s'espera poder disposar d'una instal·lació d'aquestes característiques fins l'any 2010. Els medis geològics considerats com a més idonis són la sal i el granet. Malauradament, no hi ha cap garantia que les forces geològiques puguin garantir la total estancitat dels contenidors blindats. Finalment, queda el problema no resolt de la clausura de les centrals nuclears quan el seu període de vida útil és avaluat entre 30 i 40 anys. Recordem, tanmateix, que la central de Vandellós I es va haver de tancar després d'un greu accident quan tenia només uns 20 anys. El Pla de desmantellament de Vandellós I, el primer de l'Estat espanyol s'iniciarà durant aquest any 1997.

ENRESA. Emilio Vargas, 7. 28043 Madrid. Tel: 91-566 8100

## MITE 2: L'energia nuclear funciona a França i el Japó

*«El compromís total francès amb l'energia nuclear data de 20 anys enrera... i el país té una font segura d'energia neta i competitiva.»*  
Bernard Dupraz, *Electricité de France*, 1995.

*«Les perspectives de desenvolupament de l'energia nuclear al Japó són encara de les més impressionants.»*  
International Atomic Energy Agency, 1995.

**RESPOSTA DEL SAFE ENERGY  
COMMUNICATION COUNCIL (SECC):**

*«A França i al Japó, com a la resta del món, l'energia nuclear està aturada. El pretès "èxit" de la indústria es basa en el suport centralitzat del govern, incloses les continuades ajudes per a la recerca, la construcció i el manteniment. Als dos països, la tecnologia encara s'enfronta a seriosos reptes: l'augment de la competència per part d'altres fonts d'energia, les fallades tècniques i el creixement de l'oposició dels ciutadans i de les administracions públiques, tant locals com supramunicipals.»*

### França

França és el país del món més nuclearitzat. Als començaments de 1996, en aquest país hi havia 56 reactors operatius que produïen amb dificultats el 75% de l'electricitat del país.

El programa nuclear va començar precipitadament com a reacció a la crisi energètica a principis dels anys 70 i per poder trencar amb la dependència dels combustibles d'importació. El somni nuclear francès era el d'un escenari d'energia barata que permetés a les indústries franceses superar els seus competidors europeus a finals dels anys 80.

Els reactors estandarditzats eren construïts en una mitjana de sis anys per l'Estat. Ni les administracions locals ni els grups de ciutadans tingueren cap oportunitat per qüestionar els projectes. El president socialista François Mitterrand va entrar al poder l'any 1981 prometent una reavaluació del programa nuclear, però el va deixar intacte.

Les protestes antinuclears foren molt contundents. L'exemple més lamentable fou la càrrega policial en l'anomenada batalla de Creys-Malville. Fins al 1994, el govern no va qüestionar-se el seu futur nuclear.

Els defensors nuclears francesos, però, argumenten que obtenen una electricitat molt barata. Aquest argument s'esfondra en comparar els preus de l'electricitat a França amb els preus dels altres 10 països de la Unió Europea: durant 1995, França era el cinquè país més car en electricitat domèstica, i el setè país més car per als usuaris industrials i comercials d'entre els 10 països analitzats.

Els crítics argumenten que de manera directa i indirecta, les ajudes del govern mantenen artificialment els preus baixos. Una avaluació recent de l'economia nuclear de França encarregada a una consultoria independent per part del govern holandès va detectar que el preu de l'electricitat nuclear francesa és entre un 30 i un 90% més cara del que diuen les xifres oficials.

L'any 1996, l'economia francesa acumulava un deute de 145 mil milions de FF provocats bàsicament per la companyia elèctrica estatal, Electricité de France (EdF). El deute el va eixugar el mateix govern francès en concepte d'ajut al programa de construcció nuclear.

Les previsions són que els programes de desmantellament augmentaran l'enorme despesa financera del govern d'aquest país i els crearà, evidentment, un greu problema. D'altra banda, ja a començaments de 1994, la desconfiança del govern amb els informes econòmics de la companyia Electricité de France era total, fins al punt que el primer ministre conservador, Edouard Balladur, va ordenar un estudi per determinar el cost vertader de l'energia nuclear francesa, i

d'altra banda, el senat francès va acollir un simposi sobre energia segura amb experts de tot el món i l'Assemblea Nacional va iniciar el seu primer debat formal sobre el futur de l'energia nuclear.

Recentment, els costos nuclears francesos han estat qüestionats, fins i tot, per una font inesperada: la Comissió Europea. El procés d'unificació econòmica obliga a mantenir la competitivitat de les empreses sense la intervenció estatal.

Un dels problemes sorgits a causa de l'aposta nuclear és el de l'emmagatzematge dels residus nuclears, fins al punt que el parlament francès va aprovar una llei l'any 1991 prohibint al govern seleccionar emplaçaments dels residus nuclears d'alt nivell abans del 2006 com a molt aviat.

### La política japonesa sobre l'ús del plutoni\*

Japó defensa la construcció de reactors ràpids com a alternativa a *reciclar* el plutoni que les seves centrals generen. Assegura que el reciclatge redueix el consum de les reserves d'urani i minimitza en un 40% el volum de residus nuclears generats. Per al Japó, país que depèn energèticament de les fonts estrangeres, té dues raons per a la reutilització del plutoni en reactors ràpids: reduir la radiació dels residus i assegurar-se l'estabilitat en el preu del combustible. El problema d'aquest plantejament és que, per ara, el reprocessament del plutoni previ a ser reutilitzat en un reactor s'ha d'enviar en part a França. Aquest transport d'anada i tornada es fa per mar amb el vaixell *Akatsuki Maru*. Com a resultat de les nombroses crítiques internacionals, el govern japonès va aprovar una llei per la qual aquest



*Robot de vigilància radioactiva utilitzat en les instal·lacions nuclears japoneses.*

assumiria la compensació dels danys de manera il·limitada en cas de contaminació marina causada pel transport de plutoni. El risc d'un accident i, per tant, de contaminació radioactiva del mar no és inexistent. Els reactors ràpids FBR, tot i les nombroses mesures de seguretat, són veritables bombes ja que el sodi líquid que fa de refrigerant explota en contacte amb l'aire o l'aigua. Tot i la sofisticada tecnologia d'aïllament de les canonades per on circula sodi, el risc d'accident no és improbable i les conseqüències són inimaginables.

El govern japonès també garanteix sota la supervisió internacional que la reutilització de plutoni és per a usos estrictament civils i per optimitzar el funcionament de les seves centrals nuclears.

\* Basat en el document "Para garantizar el suministro de energía a largo plazo" del Ministerio de Relaciones Exteriores del Japó. Febrer de 1995.

La gran estandardització que caracteritza les centrals nuclears també incrementa el risc inherent de problemes genèrics més extensos. Per exemple, els defectes detectats en els generadors de vapor i els capçals del vas del reactor ha provocat que fossin substituïts en la major part de les centrals. A la tardor de 1991, 23 dels 56 reactors operatius estaven aturats, fet que va crear una situació de pànic per possible falta d'energia. El prematur envelliment de l'equipament nuclear del país ja ha estat denunciat com a situació de risc per l'inspector en cap de l'EdF, que l'any 1990 ja va advertir de la probabilitat «amb un alt percentatge» d'un accident nuclear similar al de Harrisburg a finals de la dècada dels 90. Fins ara, França no ha sofert un accident d'aquesta mena, però els seus problemes tècnics creixents estan provocant un fort increment de les despeses de manteniment.

Un altre problema per a França és l'excés de capacitat nuclear. França ha resistit venent electricitat als països veïns a preus artificialment baixos mentre feia funcionar els reactors parcialment. De fet, entre els 10 països d'Europa amb reactors nuclears, els reactors francesos tenien l'any 1994 el pitjor factor de capacitat –només un 67,1 %.

L'exigència de competitivitat per a la

indústria elèctrica està convulsionant l'EdF. Les reformes aprovades per l'Assemblea Nacional l'any 1991 van servir per incentivar la cogeneració elèctrica industrial. L'EdF no pot competir amb els preus obtinguts per la cogeneració al sector privat. Malgrat que el govern francès va frenar el creixement de la cogeneració privada –reconeixent l'amenaça del deute multibilionari que té amb l'energia nuclear. Potser, finalment, l'abaratiment de l'energia farà perdre la lleialtat que França ha professat a l'energia nuclear.

## Japó

L'any 1972, el govern japonès planejava disposar de 60.000 MW procedents de les nuclears per a 1985, en un moment que ja hi havia 23.000 MW instal·lats. L'any 1984 va revisar els objectius i augmentà a 68.000 MW per al canvi de segle. Entre 1984 i 1994 han revisat, almenys, quatre vegades les previsions.

L'octubre de 1990 el govern japonès va anunciar l'ambiciosa fita d'augmentar la capacitat a 80 centrals i 72.500 MW per a l'any 2010. Però aquests plans ja han fallat, així com els objectius previstos. Una de les centrals oficialment en construcció, el reactor ràpid Monju, va patir un seriós accident

## Suècia clausurarà tots els seus reactors nuclears abans del 2010

A començaments de 1997 el Govern, amb el suport majoritari al Parlament, va prendre l'acord d'iniciar el 1998 el tancament definitiu de les seves 12 centrals nuclears. Aquesta decisió, de fet, no fa sinó complir el resultat expressat en les urnes a través d'un referèndum fet l'any 1980 en el qual es va votar el desmantellament de totes les centrals nuclears abans del 2010.

El primer reactor serà la central de Barsebäck, al sud del país, que va entrar en funcionament el 1975. Actualment, les centrals nuclears sueques subministren el 52 % de l'energia elèctrica del país. Per compensar el dèficit energètic s'incrementarà la importació de gas natural, la cogeneració i es fomentarà l'estalvi energètic. Es calcula que desmuntar i indemnitzar la companyia propietària costarà al voltant dels 600.000 milions de pessetes. Suècia serà el primer país que desmunti una central de gran potència (600 MW). Altres països han adoptat darrerament acords semblants.

el desembre de 1995 i pot romandre permanentment tancat.

El gener de 1996, el Japó tenia 50 reactors operatius amb una capacitat combinada de 39.671 MW i quatre reactors més en construcció que afegien 4.003 MW. Les previsions doncs han fallat estrepitosament.

És obvi que el Japó no podrà complir els seus objectius. Entre els factors externs que ho dificulten destaca la manca d'emplaçaments per a les centrals a causa de l'activitat sísmica del país, juntament amb la intensa oposició per part de pescadors, grangers i immobiliàries.

La manca de transparència davant dels accidents ha estat una pràctica habitual. El desembre del 1995 esdevingué un accident amb el plutoni del reactor ràpid de Monju. El resultat fou l'alliberament d'una tona mètrica de sodi potencialment explosiu. Com a conseqüència el complex nuclear japonès va haver de demanar ajuda, a d'altres països,

per efectuar la neteja necessària. L'operador de la central, la Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC), admeté que els tècnics havien esperat una hora i mitja a tancar el reactor després de l'accident perquè l'anomalia no estava descrita en el manual d'instruccions. La PNC va haver d'acceptar també els danys ocorreguts per l'evidència d'aquests. Un oficial de la PNC involucrat en l'ocultació de les dades es va suïcidar a mitjan gener de 1996, evidentment commogut per la gravetat dels fets.

L'oposició pública ha estat tan intensa que, aparentment, la indústria nuclear japonesa només ha obtingut dos nous emplaçaments per a la construcció de nous reactors nuclears des de l'accident de 1979 a Three Mile Island (Harrisburg). Així també, dels 75-80 emplaçaments seleccionats pel govern per ubicar-hi centrals nuclears, processament de combustible nuclear i emmagatzematge de

### Accidents nuclears

No hi ha dubte que la tecnologia emprada en un reactor nuclear s'ha dissenyat amb les màximes garanties perquè sigui segura, però és prou complexa com perquè l'error o l'avaria sigui probable. Gairebé tots els països amb centrals nuclears han tingut algun ensurt. A Catalunya, el novembre de 1989, l'accident a Vandellòs l'hauria pogut ser una catàstrofe semblant a la de Txernòbil. Avui la meitat de Catalunya serien ciutats fantasmes, buides i radioactives. Els accidents nuclears, civils o militars, no respecten fronteres, ni sexes ni edats. Però, els efectes d'una fuga radioactiva, a vegades, poden no tenir efectes visibles fins a mitjà termini.

Des de que Albert Einstein va adreçar la carta al president americà Roosevelt instant-lo a la fabricació de la bomba atòmica l'any 1939 les víctimes per irradiació no han parat. Les més espectaculars apareixen als mitjans de comunicació, però la majoria són silenciades, fins i tot, a les pròpies víctimes. El resultat final són sempre malalties i molèsties difícils de trobar-los un diagnòstic i impossibles de tractament.

Arreu del món hi ha hagut accidents tant civils com militars que han contaminat radioactivament bocins d'aquest planeta i han esquarterat famílies i pobles sencers. Els infants de la societat radioactiva porten l'estigma en forma de malformacions congènites. La temptació de la radioactivitat és que no es veu, no s'olora ni es palpa; amagar un accident, sobretot si és petit, és realment senzill. Només els detectors Geiger poden detectar la radioactivitat (vegeu la pàgina 31).

Si voleu una aproximació al tema no dubteu de llegir el llibre *Irradiados. Hablan las víctimas*, de l'editorial Acento (Madrid, 1994) i que recull els testimonis de víctimes de la radioactivitat pels cinc continents. El llibre és una recopilació de reportatges periodístics publicats pel diari japonès d'Hiroshima *Chugoku Shimbun*.



residus nuclears, només una vintena han aconseguit escapar a la forta oposició pública. Els plans d'instal·lar una central a Kocji al sud del Japó van ser aturats a començaments de 1989 per una massiva manifestació antinuclear. Els plans del reactor de Hidaka-cho a Honshu també van ésser suspesos com a resultat de la resistència pública. Recordem, tanmateix, que aproximadament un 60% de tots els reactors japonesos estan concentrats en tres àrees: Wakasa a Fukui, Hamadori a Fukushima i la Kasiwazaki-Kariwa a Niigata.

L'oposició a l'energia nuclear ha començat a guanyar força en aquelles zones en les quals els reactors ja existien. Uns cinc municipis afectats per ubicacions d'instal·lacions nuclears han efectuat referèndums públics per impedir-hi la ubicació.

Des de 1993 Japó intenta reactivar la seva vacil·lant indústria nuclear. Tres dels reactors en construcció des de 1992 porten un retard important. Els resultats de l'opció nuclear són descoratjadors, tot i la forta inversió del govern japonès en matèria de recerca i desenvolupament en aquest àmbit industrial. No és estrany, doncs, que l'any 1994 el govern anunciés que posposava la construcció del segon reactor ràpid.

Japó defensa la construcció de reactors ràpids com a alternativa a reutilitzar el plutoni que les seves centrals generen. Asseguren que la seva proposta de reciclatge del plutoni redueix el consum de les reserves d'urani i minimitza en un 40% el volum de residus nuclears generats. Per al Japó, país que depèn energèticament de les fonts estrangeres, la reutilització del plutoni en reactors ràpids és una manera d'assegurar-se l'estabilitat en el preu del combustible. El problema d'aquesta opció és que de moment ha d'enviar a França la major part del reprocessament del plutoni prèviament a ser reutilitzat en un reactor. Aquest transport d'anada i tornada es realitza

per mar amb el vaixell *Akatsuki Maru*, una mesura que ha estat fortament criticada pel risc que comporta. El govern japonès, com a resposta, va aprovar una llei per la qual es feia garant d'assumir la compensació dels danys de manera il·limitada en cas de contaminació marina causada pel transport del seu plutoni. El risc d'un accident i, per tant, de contaminació radioactiva del mar és improbable per les nombroses mesures de seguretat, però no és impossible.

El poble japonès, que coneix prou bé els efectes d'un atac nuclear, és molt escrupolós a garantir que el plutoni només s'utilitza per a les centrals energètiques. Sota la supervisió internacional deixa comprovar que la reutilització de plutoni és exclusivament per a usos civils.

La política futura d'energia al Japó és a la balança com en el cas de França, la cogeneració pot provocar un canvi de plantejaments respecte a l'interès per l'energia nuclear. La competitivitat en el mercat de l'electricitat, doncs, serà decisiva per al futur d'aquests dos gegants favorables a l'energia nuclear i, probablement, farà replantejar el futur creixement de l'energia nuclear.

## Informació sobre l'energia nuclear

### Internet

- <http://www.uilondon.org>
- <http://www.ieer.org>
- <http://www.csn.es>

### Llibres per ser crític

- Garcia, Xavier. *La transició apassionada 1975-1980. Un ecologista es confessa*. Fundació Roger de Bellfort. Col. Tostemps, 25. Barcelona, 1989.
- Puig, Josep i Coromines, Joaquim. *La ruta de la energia*. Editorial Anthropos. Barcelona, 1990.

### Articles

- Integral n. 195 (Març 96) El declive nuclear
- Integral n. 191 (Nov. 95) Mururoa

### MITE 3: L'energia nuclear comercial no està relacionada amb la proliferació d'armes nuclears

**RESPOSTA DEL SAFE ENERGY  
COMMUNICATION COUNCIL (SECC):**

*«Més de 40 anys d'energia nuclear comercial han revelat una consistent connexió entre l'energia nuclear i la recerca i el desenvolupament d'armes nuclears, en quasi cada país que disposa d'aquest tipus d'energia. Les polítiques civils d'energia nuclear actuals –particularment la continuada separació del plutoni dels combustibles gastats– a molts països promouen l'adquisició d'armament nuclear per part de governs i grups terroristes.»*

Des dels primers programes d'energia nuclear, els anys 50 a França, la Unió Soviètica, el Regne Unit i els Estats Units, els anys 60 a l'Índia, els anys 70 a Sud-àfrica, els anys 80 a l'Iraq i els anys 90 a Corea del Nord, els diferents països han utilitzat el desenvolupament de l'energia nuclear civil directament i indirectament per tenir la capacitat de produir bombes atòmiques.

Des del començament de l'era nuclear, aquesta energia ha estat vinculada a les armes nuclears. En un informe de març de 1946, l'Acheson-Lilienthal Committee del govern dels EEUU afirmava «el desenvolupament de l'energia atòmica amb propòsits pacifistes i el desenvolupament de l'energia atòmica per fer bombes són intercanviables i interdependents». Els governs d'arreu del món, per raons militars d'estat, han ajudat l'antieconòmica generació nuclear per adquirir els coneixements necessaris per aconseguir armes nuclears.

La connexió entre ambdós àmbits rau en el fet que els reactors comercials generen quantitats significatives de plutoni com un

producte residual de la cadena de reacció dins les veïnes de combustible. Una vegada separat del combustible, aquest plutoni pot ser usat com a material fissionable en una arma nuclear. Els experts, però, prefereixen materials més potents que no plutoni obtingut d'un reactor civil. Científics del món armamentístic als Estats Units van fer explotar amb èxit una bomba atòmica l'any 1962 alimentada per plutoni provinent d'un reactor civil.

Recordem que fou l'interès a obtenir plutoni per part de l'antiga Unió Soviètica, França i el Regne Unit el que ha fet que l'energia nuclear civil s'hagi desenvolupat conjuntament amb els seus programes militars. A l'antiga Unió Soviètica els reactors que produïen plutoni per a les bombes també enviaven electricitat a la xarxa. Als Estats Units es va posar més atenció a separar les activitats civils de les militars, però encara queden alguns lligams. L'any 1995, per exemple, el DOE va recomanar estudiar l'ús dels reactors civils antieconòmics per produir triti destinat a la fabricació d'armes nuclears del país.

## TXERNÒBIL, L'AVÍS

Mentre el capvespre esmorteïa les darreres espurnes del dia a Ucraïna, el 25 d'abril de 1986, cap dels seus habitants no podia haver somniat la tragèdia que aviat formaria part de les seves vides. A la 1.23 de la matinada del 26 d'abril, mentre els operadors feien un experiment a la Unitat 4 de la central nuclear de Txernòbil, l'actuació fracassava i el reactor explotava. Uns segons més tard, una segona explosió destruïa part de l'edifici, vomitant flames i partícules altament radioactives, del nucli del reactor, a l'atmosfera.

Inicialment, les autoritats soviètiques negaren que l'accident s'hagués produït, però les elevades lectures de radioactivitat registrades en una estació de vigilància de Suècia demostraven fefaentment el contrari.

Amb el pas del temps, la veritat ha anat surant a poc a poc i Txernòbil s'ha convertit en la imatge viva dels efectes d'un nou tipus de catàstrofe capaç d'anihilar les esperances de pobles sencers amb absoluta impotència.

L'accident ha devastat tres antigues repúbliques soviètiques: Rússia, Ucraïna i Bielorrússia, que continuen en l'actualitat patint-ne els efectes amb absoluta impotència.

Mai no podrem valorar el veritable preu total de l'accident de Txernòbil, però en tot cas algunes dades són prou reveladores:

- El govern ucraïnès xifra ara les dades en més de 8.000 morts i en 12.000 més les persones fortament irradiades.
- Se sap que el nombre de persones registrades que van participar en la descontaminació inicial —fortament irradiades— va ser de 800.000.
- L'accident va alliberar 200 vegades més material radioactiu que les bombes atòmiques de Hiroshima i Nagasaki juntes.

- Aproximadament 375.000 persones en les tres repúbliques del voltant foren traslladades i mai no podran tornar a les seves terres.

- L'any 1995, les Nacions Unides informaven que el càncer de tiroide a Bielorrússia (50 km al nord de la central nuclear) era 285 vegades superior als nivells d'abans de l'accident de Txernòbil i les malalties de tots tipus, en les àrees contaminades d'Ucraïna, s'avaluen en un 30% per sobre del normal.



*«La probabilitat d'una fusió del nucli és una en 10.000 anys»*

- Les dades oficials situen en 19 mil milions de dòlars només els tres primers anys de descontaminació.

- A finals dels 80, el govern soviètic afirmava que el cost de Txernòbil (incloent-hi la producció d'electricitat perduda de les centrals tancades després de l'accident) arribarà a l'equivalent al 15% estimat pel PIB Soviètic per 1987.

- Milions d'hectàrees de territori estan fortament contaminades, l'embassament de Kiev és radioactiu i hi ha centenars de pous superficials on s'han enterrat residus radioactius sense classificar dins el radi de 30 km de la zona d'exclusió.

- Els oficials ucraïnesos proclamen que hi ha més de 335 milions de tonelles o més de mil milions de metres cúbics de residus radioactius dins de la zona d'exclusió.

- 185 tonelles de combustible nuclear i 35 tones de pols radioactiva estan esmicolades dins un «sarcòfag» de formigó que recobreix la destruïda Unitat 4.

- El govern ucraïnès, de moment, pretén allargar la vida dels seus reactors, incloent-hi el tres operatius de Txernòbil 10 anys més. Malauradament, el risc i la catàstrofe no han acabat.



• Imatge de la primera explosió atòmica.

### ***HIROSHIMA, IMATGES PER NO OBLIDAR***

A les 8,15 del 6 d'agost de 1945 queia sobre Hiroshima la primera bomba atòmica. Hi ha un abans i un després d'aquell segon en què la ciutat va ser arrasada per un esclat indiscriminat de proporcions descomunals. Era el final de la Segona Guerra Mundial, el preludi de la Guerra Freda, l'entrada de la humanitat en l'era nuclear i la raó per la qual es va crear un gegant econòmic: el nou Japó.



• Efectes de l'explosió atòmica sobre la ciutat.



• Cos d'una persona carbonitzada.



• Ombra del cos fos per la radiació.



• Queloides formats sobre la pell cremada.



• Nena sense cavell. Es trobava a 2 km de l'hipocentre.



Altres països van intentar seguir les nacions nuclears líders adquirint armes nuclears (o intentant-ho) a través de programes d'energia nuclear. Aquests esforços eren afavorits per governs amb programes ambiciosos per promoure vendes de tecnologia nuclear comercial. En temps del

programa *Àtoms per la pau* (l'ençà l'any 1953), els Estats Units van proveir de reactors de recerca i van entrenar centenars de científics i mecànics de països de tot el món. Una estimació situa en uns 13.500 el nombre dels científics formats entre els anys 1955 i 1970.

La tecnologia de l'energia nuclear ha estat

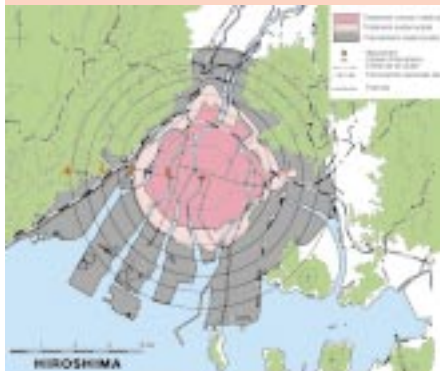
### Els efectes de la bomba d'Hiroshima

El 16 de juny de 1945 es va fer el primer assaig nuclear del món al desert d'Alamogordo als Estats Units per part d'un grup de físics del laboratori de los Álamos dirigits pel físic Robert Oppenheimer. La bomba d'Hiroshima posaria en evidència el seu poder destructor equivalent al de 15.000 tones de TNT. Es calcula que dels 10 a 30 kg d'urani fissionable només en va reaccionar 1 kg. Tot i així, en uns pocs segons el 85% de les edificacions situades dins un radi de 2 km de l'hipocentre van quedar fets miques i al voltant d'unes 350.000 persones van morir a l'instant. Des d'aquesta data fins al desembre de 1945 (data en la qual les lesions greus provocades per la irradiació van començar a disminuir) van morir al voltant de 145.000 persones més a causa de les lesions produïdes pels efectes de la radiació.

Fins a dos quilòmetres de l'hipocentre la ciutat fou un gran forn de 4.000 °C (el ferro es fon a 1.536 °C) i els grans corrents d'aire de 1.500 km/h van causar l'enderrocament gairebé total. La radioactivitat va ser mortal fins als 3 km, i a 6 km era greu. La pluja negra va afectar altres zones més llunyanes fins a 30 km. Els qui van penetrar a la zona destruïda en les dues setmanes posteriors van quedar sentenciats a una mort lenta. Les víctimes supervivents i els seus descendents ferits per la genètica resten marcats per a tota la vida, són els *hibakusha*, dels quals n'hi ha encara censats més de 30.000.



• Panoràmica mirant al Sud (1945). L'illa de Niroshima al fons.



• Mapa dels danys de la Bomba A



• Panoràmica mirant al Sud. Hiroshima 1995.



## La protesta antinuclear

Durant la dècada dels setanta i primers anys dels vuitanta el moviment ecologista va estar marcat fortament per la lluita antinuclear. Aquest fou un fenomen mundial. El sol rialler amb el lema: "Nuclears?, no gràcies." va ser imprès en tots els idiomes. La lluita antinuclear va estar marcada sempre pel pacifisme, però les actuacions policials foren a vegades desproporcionades. La protesta contra el reactor ràpid Super Phenix de Crays-Malville, prop de la ciutat francesa de Lió va ser reprimida amb una sagnant càrrega policial que va causar un mort i desenes de ferits, alguns de greus. A Catalunya, el Comité Antinuclear de Catalunya (fundat l'any 1977) va organitzar molts actes arreu del país entre els quals destaca la manifestació a Barcelona el 3 de juny de 1979 per demanar la

desnuclearització del país, en la qual van participar unes 100.000 persones.

Sense anar més lluny, Greenpeace va néixer el 1969 com a resultat de la protesta contra les explosions nuclears americanes a les Bikini. Els dos ensurts mundials de Harrisburg (1979) i Txernòbil (1986) han contribuït a crear una veritable consciència del perill nuclear. És inevitable que l'energia nuclear ja no tingui el suport governamental dels anys setanta. Avui, l'única lluita possible és exigir que no s'amagui informació i que es clausurin com més aviat millor. Però, no podem oblidar que haurem de fer un ús més racional de l'energia i reduir-ne el consum. Les dades dels científics apunten que això és possible tal com demostra l'informe *El Factor quatre* (1996) encarregat pel Club de Roma.

Protesta contra les proves nuclears xineses el juliol de 1996. L'alcalde d'Hiroshima, en representació de la població, envia cartes de protesta al govern que ha ordenat una prova d'explosió nuclear. Des de la primera prova francesa el 9 de setembre de 1968 fins al 29 de juliol de 1996 contra les proves xineses, el poble d'Hiroshima ha enviat un total de 549 cartes a dirigents governamentals.

Foto: *Chugoku Shimbun*, diari d'Hiroshima.



Protesta cívica contra el cementiri nuclear de Gorleben (Alemanya) on, durant el mes de març de 1997, ecologistes i pagesos intentaren aturar un comboi de 130 tones de residus radioactius. Hi participaren més de 10.000 manifestants. La policia i els manifestants van utilitzar autèntiques tàctiques de guerrilles en els enfrontaments.

Foto: *Melde Press*



Imatge de l'ecologista Vital Michalon, després de rebre l'impacte d'una granada llançada per les forces antdisturbis francesos (CRS). En aquesta foto històrica és traslladat pels serveis mèdics de l'organització. Fou la primera víctima de la lluita antinuclear. Aquest any se'n celebra el 20è aniversari.

Foto: Santiago Vilanova, periodista enviat a Malville (Isère, França) pel *Diario de Barcelona*; juliol-agost 1977.

## Les reserves de plutoni i les armes nuclears

Per a molts països amb energia nuclear, el reprocessament (és a dir la separació de plutoni i urani del combustible irradiat o gastat) és encara el mètode oficial per a «l'emmagatzematge» d'urani –però ningú no sap què fer eventualment amb els residus del reprocessament. L'abundància extrema del plutoni separat dels reactors civils incrementa l'amenaça de la proliferació d'armes nuclears.

Actualment, hi ha unes 180 tones de plutoni civil separat al món.

La idea original del reprocessat era emprar el plutoni separat per alimentar els anomenats reactors ràpids, dissenyats per produir més plutoni del que consumien. Però els esforços per construir i fer funcionar els reactors ràpids han acabat en la majoria de països (Estats Units, Alemanya i el Regne Unit) l'any 1996. Àdhuc França admet actualment que el seu reactor ràpid Super Phenix de 1.200 MW (el cost del qual és tres vegades el pressupost d'un reactor convencional) ha fallat. Per això, el govern francès ha convertit el Super Phenix en un cremador de residus nuclears. Aquesta decisió era inexorable davant dels repetits problemes tècnics i les intrincades dificultats operatives d'aquest tipus de reactor. Durant el seu període de funcionament el factor de capacitat ha estat inferior al 6 %.

Els únics països que encara perseveren en la utilització dels reactors ràpids són l'Índia, Rússia i el Japó (tot i que el programa japonès va ser suspès oficialment després de l'accident de Monju el desembre de 1995).

Actualment, la tendència general dels operadors de reactors ràpids (França, Japó, Rússia, Alemanya, Bèlgica i Suïssa) és barrejar el plutoni amb urani (una combinació coneguda com combustible *mixed oxide* o MOX), d'aquesta manera s'obté combustible per als reactors d'aigua lleugera comercials i es crema l'excés de plutoni. Els plans del Japó d'usar el combustible MOX han estat posposats indefinidament ja que els governadors de les prefectures afectades per l'accident de Monju no volen assumir la responsabilitat del risc.

El combustible MOX és, en realitat, sis vegades més costós que el combustible d'urani sol. El plutoni també és antieconòmic, segons declaracions de John Gibbons, director de l'Oficina de la Casa Blanca de Polítiques de Ciència i Tecnologia quan afirma que «el plutoni té, essencialment, una vàlua econòmica negativa». Malgrat tot, pocs països, exceptuant Alemanya, s'han mogut per limitar la separació del plutoni del combustible civil.

Quan el món és a les portes del segle XXI, una observació a l'informe Lilienthal escrit 50 anys enrera ens recorda la situació precària de l'energia nuclear: «Les rivalitats nacionals en el desenvolupament de l'energia atòmica útil per ser convertible en propòstis destructius, són el cor de la dificultat.»

utilitzada moltes vegades per ocultar compres i activitats orientades a les armes nuclears. Per exemple, el govern de l'Índia va obtenir armes nuclears directament del seu programa d'energia nuclear. El plutoni per al test de bomba nuclear índia, l'any 1974, va ser extret del seu reactor civil d'aigua pesant CIRUS de 40 MW (termal), un projecte compartit entre l'Índia i el Canadà. L'aigua pesant és un component clau per fabricar bombes nuclears.

Un altre exemple el trobem en el progra-

ma nuclear civil del Pakistan que consisteix en un reactor canadenc de 125 MW operatiu des de 1972. Darrerament, els governs dels països occidentals van boicotejar el programa nuclear pakistanès perquè el país va refusar signar el tractat de no proliferació nuclear. Però Pakistan ja ha obtingut en aquests anys suficient experiència per produir les seves pròpies armes, ha adquirit els materials necessaris per fabricar-les, tot i el boicot, i ha construït una central d'enriquiment d'urani a Kahuta (el disseny de la

## El desballestament d'armes nuclears

Els acords de reducció d'armes estratègiques START I (juliol de 1991) i START II (gener de 1993) comprometien els Estats Units i l'antiga Unió Soviètica a reduir a menys de 3500 el nombre de caps nuclears per nació abans del 2003. Això significa que abans d'aquesta data s'hauran desballestat més de 50.000 armes nuclears. L'aplicació d'aquest acord ha generat un excedent de 150 t de plutoni i més de 1000 t d'urani altament enriquit (UAE). Aquesta gran quantitat de material radioactiu provinent de les armes nuclears s'emmagatzema en búnquers de seguretat mentre no se li dona un tractament que l'impossibiliti novament per a l'ús militar.

L'urani altament enriquit es dilueix amb una tecnologia molt complexa fins que assoleix només un 4% d'urani 235 i es pot reutilitzar com a combustible en una central nuclear convencional. Només amb l'urani UAE militar americà es podria alimentar una vuitena part de la capacitat nuclear mundial durant uns 20 anys.

El plutoni, en canvi, no admet el tractament que s'aplica a l'urani i planteja un problema molt greu. Actualment, hi ha diverses propostes.

La primera és barrejar-lo amb urani en una central d'aigua lleugera que admeti barreja d'òxids (*mixed-oxide fuel*) que al cap de tres anys redueix en un 40% la seva activitat. Tanmateix, la manufacturació del combustible de barreja d'òxids és molt cara, tot i tenir en compte que el plutoni té cost zero. D'altra banda, el plutoni es pot separar fàcilment i destinar-lo novament a usos militars. Només es necessiten entre 6 i 10 kg per fabricar una bomba atòmica.

Recordem, també, que un reactor de 1000 megawatts només pot processar uns 300 kg per any de plutoni. Distribuïts per tot el món, aquestes 500 t d'urani hiperenriquit militar servien per alimentar el conjunt dels reactors mundials durant 3 anys.

Els reactors ràpids són una de les altres alternatives ja que poden consumir quantitats més grans de plutoni, però hi ha molt pocs reactors d'aquest tipus en funcionament i ja estan saturats per les més de 1000 tones de plutoni generat en les centrals nuclears convencionals. D'altra banda, són considerats de molt alt risc i són difícils de fer operar.

La solució adoptada és la de la vitrificació del plutoni, que consisteix a revestir-lo d'una camisa en forma de troncs d'acer de 3 m de llarg i 60 cm d'ampla que contenen una barreja d'1,2 tones de vidre al borosilicat i fins a 500 kg de pasta de residus molt radioactius. Els troncs vitrificats cal emmagatzemar-los en condicions d'alta seguretat. Malauradament, la vitrificació del plutoni no evita que pugui ser recuperat, però exigeix una tecnologia que no és a l'abast de gaires països.

El fet contradictori és que mentre desballestem míssils nuclears estem generant a les centrals civils prou plutoni com per omplir de 20 a 30 mil nous caps nuclears.

En tot cas, adonem-nos que aquestes deixalles nuclears d'origen militar o civil constitueixen una preuada mercaderia subjecte al contraband per part de països interessats a fabricar les seves pròpies bombes nuclears.

qual va ser robat per un científic pakistanès que treballava a la firma de mecànica holandesa que assistia la construcció d'unes centrals d'enriquiment a Urenco –Holanda– (entre 1972 i 1975). Les proclames dels pakistanesos eren que la central s'empraria per produir combustible d'urani per a reactors

nuclears, però la realitat és que la central produeix urani altament enriquit amb la qualitat necessària per produir bombes nuclears. La possessió d'armes nuclears a Pakistan va ser confirmada pel que fou secretari d'Afers Estrangers l'any 1992.

Es té la certesa que Israel ha fabricat entre

70 i 80 bombes nuclears construïdes amb el plutoni generat pel seu reactor «civil» de recerca a Dimona. Igualment, Sud-àfrica tenia una proposta doble de programa nuclear que va començar amb un petit reactor de recerca l'any 1967 utilitzant el subministrament d'urani i d'aigua pesada dels EEUU. Els anys 70, quan els francesos ajudaven Sud-àfrica a construir els dos reactors d'energia Koeberg, els sud-africans estaven desenvolupant activament armes nuclears. El novembre de 1979, el país havia

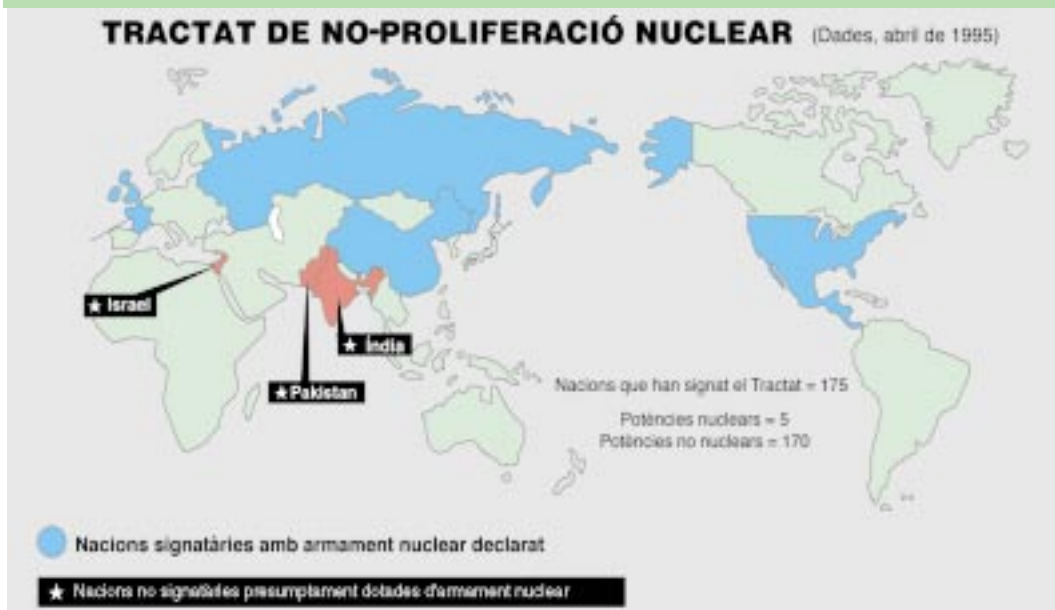
fabricat la seva primera bomba nuclear, cinc anys abans que els reactors fossin comercials. Precedint el canvi polític i l'arribada de Nelson Mandela al poder, el govern de la minoria blanca del país va desmantellar les armes atòmiques i clausurar totes les activitats d'armes nuclears.

Cada any el Grup de Científics i Tècnics per un Futur No Nuclear organitza a finals d'abril la Conferència catalana per un futur sense nuclears i energèticament sostenible.

### El tractat de no-prolifерació nuclear

Les nacions que han declarat públicament posseir armament nuclear són els EEUU, Rússia, Regne Unit, França i Xina. Tanmateix, alguns altres països també en disposen. El 1970 es va crear el Tractat de no-prolifерació nuclear (TNP) a fi de prohibir l'obtenció d'armament nuclear a les potències no nuclears i que els països que la posseeixen no els en subministrin. El mes d'abril de 1995 l'havien signat 185 països, incloent-hi les 5 potències nuclears declarades. El Tractat no ha estat signat per Israel, l'Índia i Pakistan.

El TNP definia el concepte de zones desnuclearitzades com a territoris on no pot ser fabricat, provat o emmagatzemat armament nuclear. Les zones desnuclearitzades s'estableixen mitjançant tractats específics. Actualment, ho són àrees no poblades com l'Antàrtida, la Lluna i altres cossos celestes, els fons oceànics i el subsòl. Entre les àrees habitades s'han aprovat els d'Amèrica llatina, el Sud-est Asiàtic, el Pacífic Sud. Perquè una zona desnuclearitzada sigui efectiva, han d'haver signat el Tractat corresponent les potències nuclears.





## La vigilància radioactiva

La radioactivitat no la podem percebre amb cap dels nostres sentits, llevat que es tracti de nivells gairebé letals. Per mesurar-la s'utilitzen detectors capaços de captar la radiació ambiental. Per exemple, per davant de l'escola estan instal·lant canonades de gas natural. Doncs bé, per comprovar les soldadures s'utilitza un gas de baixa radiació i aquest s'escampa per l'ambient fent que sigui detectable. A l'edifici de casa vostra hi ha un radiòleg; si voleu saber si està ben blindat caldrà quantificar l'emissió de raigs X. Una activitat inusual del sol pot fer augmentar la pluja de raigs gamma còsmics. En tots aquests exemples, l'aparell detector és l'anomenat comptador Geiger.

Arran de l'accident de Txernòbil, a França van crear la xarxa independent CRII-RAD formada per un col·lectiu de persones que es van dotar de sofisticats aparells de medició en continu que els permet contrastar les dades oficials no sempre versemblants. A Catalunya es va constituir la xarxa Red-Rad de vigilància radioactiva molt més modesta i formada per persones que disposen del mesurador **Inspector** i distribuït a casa nostra per l'empresa Elektron. Aquest petit aparell és un mesurador de radioactivitat d'alta sensibilitat gràcies a la gran obertura del tub Geiger, pot enviar la informació a un ordinador i amb un software senzillet obtenir gràfics de l'evolució en el temps. Disposa també d'un temporitzador per prendre mesures automàticament. Permet medir en milirems per hora (mR/h) i microsievert per hora (mSv/h) i comptes per segon (CPM). És molt útil per detectar la radioactivitat de superfícies i, per tant, per conèixer la quantitat de gas radó que emet la Terra en els indrets de substrat geològic granític o que es desprèn del formigó de les construccions d'un habitatge.

Red-Rad no deixa de ser un col·lectiu de ciutadans que han adquirit aquest aparell mesurador anomenat **Inspector** i comparteixen les dades que obtenen.

### Telèfons i adreces de contacte:

- ELEKTRON.  
Mora d'Ebre, 50 local 2.  
08023 Barcelona.  
Tel. (93) 210 83 09.  
Fax. (93) 219 01 07.
- Xarxa RED-RAD. Fons de Documentació del Medi Ambient. Ausiàs Marc, 16 3r 2a.  
08003 Barcelona. Tel. (93) 318 77 94.
- CRII-Rad  
471 av. Victor Hugo.  
26000 Valence  
França.

### Efectes segons la dosi de radiació

- Menys de 100 rems: no hi ha efectes perceptibles.
- 100-200 rems: nàusees a les 3 hores d'exposició.
- 300 rems: pèrdua del cabell, hemorràgies, pèrdues en el sistema immunològic. La probabilitat de mort en menys de 60 dies és del 50%.
- 500 rems: eritemes a la pell, nàusees. Probabilitat de mort del 70% en menys de 30 dies.
- Més de 800 rems : diarrea, problemes gàstrics, deshidratació. La probabilitat de mort en menys de 15 dies és del 90%.
  - 5000 rems: convulsions intenses, crisi del sistema nerviós central. Mort en menys de 36 hores.
  - Els treballadors més exposats durant el primer moment de l'accident de Txernòbil van rebre entre 600 i 1600 rems. La majoria van morir el mateix dia i els altres ho van fer durant els primers 10 dies d'hospitalització.
  - Les disposicions governamentals recomanen no sobrepassar els 35 rems al llarg de tota la vida.
  - El límit de seguretat internacional per a persones exposades a fonts de radiació industrial és de 5 rems per any.
  - Els habitants d'Hiroshima situats a uns 1.500 m de l'hipocentre i que no van morir van rebre un nivell de radiació d'uns 0,5 Gy.
  - La radioactivitat residual de Palomares (Almeria), on el 16-1-1966 va accidentar-se un B-52 amb bombes nuclears, és de  $5 \mu\text{m}^2$  de plutoni 239; 100 vegades més que la zona més contaminada de Nagasaki.





## CENTRALS NUCLEARS DEL MÓN

País	Reactors Operatius		Reactors en construcció		Reactors tancats	
	Nombre	MW	Nombre	MW	Nombre	MW
Estats Units	109	98.784	1	1.165	20	6.367
Canadà	21	13.800	0	0	4	1.326
Mèxic	2	1.308	0	0	0	0
Argentina	2	935	1	692	0	0
Brasil	1	626	1	1.245	0	0
Cuba	0	0	0	0	0	0
<b>AMÈRICA</b>	<b>135</b>	<b>115.453</b>	<b>3</b>	<b>3.102</b>	<b>24</b>	<b>7.693</b>
França	56	58.493	4	5.810	10	2.509
Regne Unit	35	12.908	0	0	10	1.338
Alemanya	19	20.798	0	0	17	4.954
Suècia	12	10.002	0	0	1	10
Espanya	9	7.105	0	0	1	480
Belgica	7	5.541	0	0	1	11
Suïssa	5	2.985	0	0	0	0
Finlàndia	4	2.310	0	0	0	0
Holanda	2	504	0	0	0	0
Itàlia	0	0	0	0	4	1.423
<b>EUROPA OCC.</b>	<b>149</b>	<b>120.646</b>	<b>4</b>	<b>5.810</b>	<b>44</b>	<b>10.725</b>
Bulgària	6	3.538	0	0	0	0
Hongria	4	1.729	0	0	0	0
Xèquia	4	1.648	2	1.784	0	0
Eslovàquia	4	1.632	2	776	1	110
Eslovènia	1	632	0	0	0	0
Polònia	0	0	0	0	0	0
Romania	0	0	1	650	0	0
<b>EUROPA OR.</b>	<b>19</b>	<b>9.179</b>	<b>5</b>	<b>3.210</b>	<b>1</b>	<b>110</b>
Rússia	29	19.843	2	1.875	12	1.436
Ucraïna	15	12.908	2	1.900	2	1.850
Lituània	2	2.370	0	0	0	0
Armènia	1	376	1	376	0	0
Kazakhstan	1	70	0	0.0	0	0
<b>ANTIGA URSS</b>	<b>48</b>	<b>35.567</b>	<b>5</b>	<b>4.151</b>	<b>14</b>	<b>3.286</b>
Japó	50	39.671	4	4.003	1	9
Corea del Sud	11	9.120	5	3.870	0	0
Índia	10	1.695	4	808	0	0
Taiwan	6	4.884	0	0	0	0
Xina	3	2.100	2	1.200	0	0
Sud-àfrica	2	1.842	0	0	0	0
Pakistan	1	125	1	300	0	0
Iran	0	0	1	950	0	0
<b>ÀSIA i ÀFRICA</b>	<b>83</b>	<b>59.437</b>	<b>17</b>	<b>11.131</b>	<b>1</b>	<b>9</b>
<b>Totals mundials*</b>	<b>434</b>	<b>340.282</b>	<b>34</b>	<b>27.404</b>	<b>84</b>	<b>21.823</b>

\*Dades de l'1 de gener de 1996