

DICTAMEN DE L'INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS SOBRE LES RESERVES URANÍFERES DE CATALUNYA



per Enric Casassas, Oriol de Bolós, Ramon Folch, Oriol Riba i Manuel Ribas-Piera

(ciència 1

juliol-agost 1980) 11

Un país com Catalunya no podria suportar un devastament com el que significaria l'explotació previsible de les reserves d'urani existents, les quals afectarien més d'un vint per cent del territori de les comarques gironines, i en total més d'un deu per cent de l'espai territorial del Principat.

Els doctors Enric Casassas, químic, i Oriol de Bolós, biòleg, són respectivament, president i secretari de la secció de ciències de l'Institut d'Estudis Catalans; els doctors Ramon Folch, biòleg; Oriol Riba, geòleg i Manuel Ribas-Piera, arquitecte, són membres agregats de la secció de ciències de l'IEC.



Els sotasignats, membres de la secció de ciències de l'IEC, havent estat nomenats per tal de respondre en nom del ple de l'Institut a l'encàrrec formulat el 17 de setembre proppassat per l'excel·lentíssim senyor president de la Diputació Provincial de Girona, sobre les concessions atorgades, les investigacions en curs i els possibles aprofitaments d'urani a l'àmbit de les Guàrdies, del pla de la Selva i a les comarques del Ripollès, de la Garrotxa i del Gironès,
Manifestem:

Primer: L'abast del present dictamen no pot anar més enllà ni més ençà del seu propòsit, és a dir, d'una descripció objectiva dels efectes que sobre el territori de Catalunya estan implícits en la vigent concessió a 'Chevron Exploration Co.', 'Promotora de Recursos Naturales' i l'Estat espanyol, mancomunadament. No és per tant —ni podria mai haver-ho estat en tan curt període de treball— un estudi exhaustiu de causes i efectes, ni tampoc és una avaluació exacta de la situació futura presumible: ambdues correspondran a l'estudi d'impacte ambiental del qual es parlarà més endavant.

Segon: Aquest dictamen no es pronuncia —perquè tampoc no és la seva comesa— sobre l'acceptació o el rebuig de l'ús de l'energia nuclear. No obstant això, durant la confecció del present dictamen hom ha considerat la possibilitat d'energies alternatives més netes o més segures que convertiria en absolutes les actuals polèmiques.

Tercer: La forta especialització del tema ha portat els sotasignats a requerir l'assessorament del doctor Antoni Arribas, catedràtic de mineralogia a la Universitat de Salamanca, i del doctor Juan Muñoz, catedràtic de física a la Universitat Autònoma de Barcelona. El primer ha informat sobre la tècnica de l'extracció i tractament del mineral uranífer, basat en la seva àmplia experiència en jaciments i plantes concentradores, entre les quals la de Ciudad Rodrigo; el segon ha aportat els seus coneixements sobre la radioactivitat latent en l'esmentada extracció i elaboració del mineral d'urani, així com sobre les normes americanes de tolerància.
Quart: Els sotasignats, després d'estudiar les informacions específiques rebudes, han abordat, des dels diferents camps disciplinaris —i d'una manera global—, les possibles conseqüències de la concessió atorgada, sempre en el cas que el procés començat seguís endavant fins a la fase d'explotació del mineral.

Cinquè: Una constatació que cal fer, al marge de l'afer que ens ocupa però com a qüestió bàsica, és la de l'obsolescència de la vigent llei de mines en no tenir presents ni respectar els usos establerts legalment sobre el territori. En aquest pronunciament, no és estrany que els organismes encarregats legalment d'establir els usos més adequats, adoptin posicions clarament contràries a la normativa abusiva que regeix la concessió d'explotacions mineres. Per això l'Institut d'Estudis Catalans pensa que cal una revisió immediata de la llei de mines vigent, com a únic camí per a evitar situacions semblants en un futur que pot ésser pròxim.

Els sotasignats, fetes aquestes manifestacions,

Declarem:

I. Sobre l'abast territorial i administratiu de les concessions

Les zones de reserves provisionals, a favor de l'Estat, per a la investigació de minerals radioactius i que afecten la província de Girona i Catalunya en general, segons els reials decrets 500/1979, 501/1979, 502/1979 i 503/1979 (BOE núm. 66, 17.3.79, pp. 6723 a 6726, R. 7862, R. 7863, R. 7864, R. 7865 i R. 7867) de 2 de febrer, i 689/1979 (BOE núm. 79, 2.4.79, pp. 7869 i 7880, R. 9080) de 2 de febrer, són:

Zona cinquanta-dosena: "Centelles" (Barcelona i Girona).

Zona cinquanta-una: "Olot" (Barcelona i Girona).

Zona seixanta-setena: "Terrassa, Polígon A" (Barcelona).

Zona seixanta-setena: "Terrassa, Polígon B" (Barcelona).

Zona quaranta-sisena: "Calaf" (Barcelona, Lleida i Tarragona).

Zona cinquanta-setena: "Duero-Ebre-Tajo, Polígon A" (Lleida, Barcelona, Girona i Tarragona, a més de vint altres províncies).

Zona cinquanta-setena: "Duero-Ebre-Tajo, Polígon B" (Girona).

Zona seixanta-sisena: "Santa Coloma de Farners, Polígon A" (Girona i Barcelona).

Zona seixanta-sisena: "Santa Coloma de Farners, Polígon B" (Girona i Barcelona).

Les superfícies parcials d'aquestes reserves són les següents:
"Duero-Ebre-Tajo" (estimació feta de la zona a l'Est del límit de Catalunya amb Aragó) (Polígons A i B)

27.414 quadrícules mineres

"Calaf" 11.322 " "

"Terrassa A" 2.052 " "

"Terrassa B" 216 " "

"Centelles" 2.520 " "

"Olot" 9.549 " "

"Santa Coloma A" 1.800 " "

"Santa Coloma B" 900 " "

55.773 quadrícules mineres

La quadrícula minera és un quadrilàter de 20" de latitud per 20" de longitud, el qual té una superfície variable, a causa de la projecció cònica de les cartes topogràfiques (per a una latitud entre 42°00' equival a 0,28946 km², o sigui a un 50,6% del territori català (31.930 km²). Aquest càlcul és fet segons les dades oficials, esmentades més amunt. Però si ens referim al perímetre extern de tot el conjunt, la superfície assoleix 16.450 km² (el 51,5% de la superfície total). A la

província de Girona hi ha reserves totals d'unes 12.393 quadrícules mineres, que equivalen a 3.587 km², o sigui un 61,0% de la província.

Segons l'escrit del ministerio de Industria y Energía (direcció general de Minas), de 31 de juliol de 1979, adreçat al ministerio de la Presidencia a petició de la Diputació Provincial de Girona, l'àrea de Vic, cedida al consorci "Estat espanyol, Chevron Exploration Co. i Promotora de Recursos Naturales, S.A.", comprèn 8 fulls complets del mapa topogràfic de l'IGN a escala 1:50.000 (números 294, 295, 331, 332, 333, 362, 363, 364 i 392) i un d'incomplet (núm. 391), que mesuren una superfície de 4.580 km², superior als 3.632 km² com diu l'escrit, dels quals uns 1.282 km² pertanyen a la província de Girona. La Chevron és la companyia operadora d'aquest consorci, i hi té una participació d'un 40%; un altre 40% és de l'Estat espanyol i la resta, el 20%, de la Promotora de Recursos Naturales, S.A.

Com ha estat regulat per les disposicions superiors, la fase d'investigació, d'acord amb la llei de mines de 1973, és concedida per un període de 3 anys, prorrogables fins a 9 anys. En finir el primer període de tres anys, el consorci haurà de renunciar al 50% de la superfície adjudicada i, en acabar el segon període de tres anys, la superfície retinguda no podrà superar el 30% de la que fou atorgada inicialment. Cal recordar que les recerques d'urani, i en general les de qualsevol altra substància mineral —llevat dels hidrocarburs i de les aigües, que tenen lleis pròpies— són regides d'acord amb la llei de mines (22/1973, de 21 de juliol) i amb el reglament de mines, tots dos vigents, i es divideixen en dues fases ben separades: la fase d'investigació i la fase d'exploració. Durant la fase d'investigació, l'operador ha de fer les recerques de geologia de camp, de geofísica i de geoquímica que calguin per tal de determinar l'existència dels minerals o dels elements relacionats amb allò que consta en el permís d'investigació, les quals poden ésser complementades amb recerques mecàniques, com són l'obertura de cales de temps i sondatges d'exploració (calen permisos especials quan els sondatges sobrepassen un cert nombre de metres de profunditat i/o necessiten l'ús d'explosius). D'aquesta manera, hom pot adquirir dades concretes sobre la llei de concentració de la substància, sobre les variacions laterals i verticals d'aquest enriquiment o concentració, sobre la seva geometria i volum i sobre les relacions amb les altres masses rocoses encaixants.

Àrees d'investigació uranífera a Catalunya establertes per l'Estat espanyol.



Amb totes aquestes dades, hom podrà elaborar un pla d'exploració, si el conjunt de circumstàncies legals, econòmiques, geològiques, mineres, geogràfiques i topogràfiques hi són favorables, i així presentar-lo a l'Administració, a fi que hom pugui procedir a la fase següent d'exploració. No cal dir que l'enllestiment d'aquesta fase d'investigació pot fer-se molt abans dels terminis legals atorgats.

Volem afegir que, d'acord amb les disposicions vigents, l'Administració exigeix a la companyia operadora del dit consorci una inversió mínima anual i per quilòmetre quadrat de superfície, com a garantia que la recerca d'urani serà realitzada fent ús dels mitjans de prospecció més adequats. En el cas present, la Chevron haurà d'esmerçar 625 dòlars per km² durant el primer any, tot assolint els 1.040 dòlars, també per quilòmetre quadrat, en arribar al darrer. Això significa que els treballs d'investigació a la zona considerada costaran, si més no, uns onze milions de dòlars (dades extretes de l'esmentat escrit de la direcció general de Minas), la qual cosa fa suposar que existeixen esperances d'èxit per a l'acció de recerca del consorci, èxit que duria aparellada, versemblantment, la fase d'exploració; per això hom contempla aquesta possibilitat en capítols que segueixen.

II. Sobre els aspectes geològics generals i de les àrees d'investigació concedides

Els jaciments uranífers que eventualment puguin existir a Catalunya, i particularment a la província de Girona, poden ésser de dos grans tipus: amb urani i els seus minerals inclosos en masses ígnies o disposats en forma estratificada.

En el primer cas es troben els jaciments uranífers que s'han format dins les grans masses de roques ígnies i metamòrfiques, com són els granits, les llicorelles i els esquists metamòrfics, constituint mineralitzacions filonianes, o bé formant jaciments més disseminats. Sabem que d'aquest tipus n'han estat assenyalades, a Catalunya, a Darnius (filons hidrotermals en el granit), a Gavà, a Santa Creu d'Olorda i a Malgrat, en forma disseminada en roques metamòrfiques o molt diagenitzades, com les llicorelles del Silurià.

En el segon cas tenim les mineralitzacions dites estratiformes, les quals es localitzen en roques sedimentàries de les eres Secundària o Terciària. Ja fa temps que hi ha assenyalades mineralitzacions uraníferes singenètiques (és a dir, constituïdes durant la sedimentació de la roca encaixant) en què l'urani

és fixat per la matèria orgànica, com són els lignits i els asfalts (o kerogen). Així tenim enriquiments uranífers en els lignits cretàtics de la conca aragonesa d'Utrillas, Andorra, etc. i de la conca catalana de l'Alt Berguedà (Figols, Vallcebre, Saldes, etc.). N'hi ha d'edat terciària, més moderns, com són els lignits de Mequinença, Almatret, Maials, Seròs, Fraga, etc. a més dels de Calaf i la seva rodalia, i els de Santa Coloma de Queralt. Potencialment, també podrien ésser uraníferes altres capes lignitíferes, com pot ocórrer en les de Santpedor, Santa Maria de l'Estany, Talladell, etc.

Un altre tipus de mineralitzacions estratiformes, encara, són les que han tingut lloc en sediments gresosos d'origen continental al·luvial. Tenim notícies fidedignes que hom n'ha trobat en els gresos roigs del Trias, o Buntsandstein, de diversos indrets de la serralada Pre-litoral catalana; però són molt més escadusseres i menys importants les que hom pot trobar en el Permo-Trias dels Pirineus, mina "Eureka" de Pla de Mont-ros, que formen una gruixuda banda de terrenys roigs molt extensa, des de Boadella fins a la ratlla de la Noguera Ribagorçana. Uns altres terrenys gresosos, arcòsics, els quals en alguns indrets han manifestat concentracions de minerals radioactius, són els que formen la banda roja de la base de la cinglera de Tavertet —el Far (la Verge dels Cingles). Eventualment, són interessants també, des del punt de vista de la prospecció, les molasses conegudes amb els noms d'unitats litostratigràfiques, com són la formació de Bellmunt (estesa a la Garrotxa, Santa Pau), la formació del Garumnà, a més de les formacions de Solsona i d'Artés que cobreixen gairebé tota la depressió central catalana (Solsonès, Berguedà, Lluçanès, Ripollès, Osona, Bages, Anoia, Segarra, Urgell, Noguera, Segrià), zones que han estat preses dins les reserves de l'Estat.

Volem fer remarcar que aquestes darreres mineralitzacions es produeixen diagenèticament. La lixiviació d'aigües mineralitzades procedents de conques i massissos granítics, dins els gresos que ja posseeixen alguns minerals uranífers molt dispersos, pot donar lloc a la formació de concentracions radioactives en el front de contacte entre les zones oxidants i reductores de la roca gresosa. Són els anomenats *rolls* dels autors americans. Aquestes concentracions poden ésser molt extenses, però, de fet, són regulades i limitades per les variacions laterals de la permeabilitat i de la porositat de la capa. D'aquest darrer factor, és força difícil de preveure'n les variacions, ja que aquestes poden ésser causades per la

presència o absència de matriu argilosa o de ciment en els espais intergranulars, i també per fenòmens de compactació o de pressió-dissolució, etc. Dit altrament: la prospecció d'aquests tipus de jaciments demana una xarxa d'observacions, o sondatges, molt atapeïda.

Els dipòsits uranífers estratiformes, és sabut, es formen especialment en aquells terrenys detrítics que s'han derivat d'àrees granítiques, de les quals han heretat l'urani. Per aquesta raó, ha estat tot el voltant dels massissos antics de granit on s'han dipositat sediments al·luvials favorables. Aquests granits són els de la serralada costarena de Llevant i de la Costa Brava, de l'Alt Empordà, del Priorat, del Montseny-Guilleries, de l'Alt Pallars, de les muntanyes d'Andorra, etc.

Un fet empíric, conegut pels exploradors de materials radioactius d'aquest darrer tipus que hem comentat, és que les concentracions uraníferes causades pels *rolls* s'esdevenen solament en terrenys sedimentaris poc inclinats, de menys de cinc graus de cabussament, malgrat que aquest fet depèn de la història diagenètica de la formació sedimentària i de les fases tectòniques posteriors a aquesta. Si admetem aquesta limitació, i tenim present l'estructura de plegament que afecta els sediments de les àrees de reserva, una gran part de les formacions presumiblement aptes per a l'urani en queden excloses. I, parlant d'una manera general, llevat dels terrenys deltaics o de platja, hom sol excloure de les àrees d'exploració els terrenys marins, les calcàries i les evaporites. Ateses, doncs, totes aquestes limitacions, zones força importants del mapa de reserves podrien ésser esborrades.

Pel que pertoca a la província de Girona i a les seves reserves d'urani, l'atenció de la recerca pot ésser duta envers uns quants tipus de terrenys:

a) El granit i les roques afins, roques metamòrfiques. No tenim esment d'haver-s'hi trobat jaciments o concentracions importants, per ara, llevat del jaciment de Darnius. Al granit del vessant nord del Montseny, segons comunicació verbal de M. Viladevall, les concentracions d'urani es mantenen dins el *clarke* normal propi del granit; solament s'hi han trobat alguns filonets en roques riolítiques o pegmatites que ofereixen algunes concentracions més grans, inferiors però a 10 ppm.

b) Dins els terrenys sedimentaris, hom pot fer esment de:

1. Les llicorelles del Silurià.

2. Les formacions del Trias inferior o Permo-Trias. En el Buntsandstein de la serralada Pre-litoral hi ha alguns enriquiments (prov. de Barcelona).

3. El Garumnà de la base del Terciari pirinenc i les capes roges de la base de l'Eocè (formacions de Sant Martí Sacalm, o bé de Vilanova de Sau i del coll de Romegats); prop del trànsit a la formació marina, blanquinosa, cap a la part mitjana de la cinglera (Verge dels Cingles) hi ha fortes anomalies que foren explorades mitjançant una sèrie de sondatges.

4. Les molasses eocenes de la formació de Bellmunt (Garrotxa, Ripollès).

5. La molassa de la formació de Solsona (Eocè sup. i Oligocè inf.) que ateny la zona d'Alpens, Montesquiu, les Lloses.

6. Finalment, cal fer esment dels terrenys neògens del Vallès Oriental, de la Selva i de l'Alt Empordà, els quals poden ésser interessants malgrat llur juvenesa. Hem rebut informacions segons les quals sembla que terrenys de natura similar i de la mateixa edat del vessant rossellonès de l'Albera assoleixen graus de concentració no menyspreables.

III. Sobre les qüestions geològiques relacionades amb una hipotètica explotació futura

Les mineralitzacions en roques ígnies i metamòrfiques podrien ésser explotades en galeries o a cel obert segons sigui la topografia i la geometria del jaciment. Hom no pot preveure el moviment de terres que en produirà l'explotació, ja que depèn de molts de factors. Si les mineralitzacions són filonians, la intersecció amb la superfície és força rectilínia, i els moviments de terres, doncs, més petits. Els jaciments estratiformes, en canvi, sí que poden donar lloc a moviments molt importants de terres. A causa de la gran extensió de les capes sedimentàries, siguin gresos o capes de lignit, i del fet que siguin rendibles concentracions d'urani molt baixes, el volum de material mort que caldria aixecar en fer l'explotació a cel obert podria esdevenir realment molt important. Això dependria de la posició estructural de les capes mineralitzades, del recobriment estèril que suportessin i de la topografia de l'indret d'explotació. No dubtem que l'explotació en galeries solament es faria en cas d'una topografia molt abrupta i d'un recobriment molt gruixut.

Per exemple, si suposem que hom vol explotar les mineralitzacions de la cinglera del Far-Tavertet (és ben sabut que les



*Els granits de la Costa Brava
(Aigua-xellida)
són contemplats
com a zona de recerca
de reserves uraníferes.*

capes hi són poc inclinades, uns 5° cap al nord), caldria una explotació en galeria que s'aniria aprofundint en la direcció indicada. Si, altrament, hom volgués fer-la a cel obert, el rebaixament de terrenys estèrils esdevindria progressivament més important, a causa del cabussament cap al nord i del relleu que s'enlaira en el mateix sentit, i això en faria l'explotació impossible. Aleshores hi hauria l'alternativa de seguir, lateralment, l'aflorament de la capa sense aprofundir-hi gaire. El terrabuit esdevindria extensíssim. Sigui com sigui, els desmunts que caldria practicar per als camins d'accés, els cons de runam que originaria la mina o l'explotació a cel obert, el rebaixament de paquets d'estrats estèrils, els fronts d'arrencada del mineral, els terraplenaments, etc., produirien una alteració irreversible del paisatge i una destrucció dels sòls.

Dins els terrenys pliocènics de la Selva o del Gironès, com que no són deformats ni inclinats i no tenen gaire gruixària, i on és probable que els jaciments siguin més pobres i més disseminats, l'explotació es realitzaria a cel obert seguint la tècnica d'arrencada anomenada *striping*, que consisteix a fer excavacions en bandes allargades, paral·lelament i successiva, i a reblir la cavitat o rasa explotada amb el rebaix de la cavitat que es va a explotar. Més simplement, seria com una llaurada monstruosa d'una plana. Les mines d'or romanes dels al·luvions del nord de Lleó foren explotades mitjançant un mètode similar; al cap de dos mil anys, la morfologia revela encara aquest tipus de deformació.

Tant en el cas de la mina com en el de l'obra a cel obert, s'haurien de moure quantitats molt importants de terres, de manera que l'explotació implicaria l'ocupació de zones extenses per a l'acumulació dels materials extrets i per a llur pre-tractament; implicaria probablement, també, la construcció d'una instal·lació de concentració i, en conseqüència, l'ocupació de terrenys on abocar-hi les cues del tractament, o sigui, els materials que queden un cop extret l'urani (cal remarcar que un mineral d'una llei en urani de 0,2 parts per mil dona aproximadament 4,5 tones de residus per quilògram d'òxid d'urani obtingut).

Els efectes secundaris i les alteracions de l'ambient que originen aquest tipus d'explotacions extenses poden ésser molt considerables. Comptem-hi els efectes visuals, els sons (maquinària sorollosa, barrinades), l'aixecament de molta polseguera, la contaminació i l'alteració dels aqüífers, etc. Per altra banda, les eres de lixiviació àcida per al pre-tractament

del mineral, els fronts d'arrencada del mineral i els cons de runam, solen tenir talussos amb pendents forts que, quan s'embeuen d'aigua després de les grans precipitacions, esdevenen inestables i s'esbaldreguen; com que certes zones de la província de Girona tenen una forta sismicitat, l'estabilitat dels terrenys remoguts es fa encara més problemàtica.

Fins fa poc era econòmicament rendible l'explotació de minerals d'urani que continguessin un mínim d'un u per mil d'urani. L'augment de preu de l'òxid d'urani (que fa uns quatre o cinc anys era d'uns 13 dòlars per quilo i que el 1978 va arribar a ésser de 91,1 dòlars per quilo), augment que és conseqüència directa de la crisi del petroli, ha fet que actualment siguin considerades explotables econòmicament roques que contenen mínims de 0,2 parts per mil d'urani. L'evolució de la situació energètica mundial és d'un signe tal que fa previsible en un futur molt pròxim augments de preu successius, que facin baixar encara més el límit inferior del contingut en urani per al qual l'explotació del mineral sigui considerada rendible. Els avenços tecnològics previsibles en la metal·lúrgia de l'urani, d'una banda, i les condicions particulars del mercat del treball en determinats països, de l'altra, poden ésser causa, també, del descens ulterior del límit mínim d'explotabilitat.

Així, doncs, en el supòsit que els jaciments que es descobrisin a l'àrea que estudiem fossin d'un contingut d'urani tan baix que fos antieconòmic llur explotació en el moment present, és previsible que l'explotació esdevindria rendible en algun moment o altre del futur i, per tant, es durà a terme, si hom pren en consideració, només, aspectes miners.

Ara bé, sembla que no és llunyà tampoc el dia en què les investigacions científico-tècniques en curs actualment hauran fet possible l'aprofitament econòmic d'altres fonts d'energia. Hom es pregunta si la polèmica actual sobre l'energia d'origen nuclear no esdevindrà obsoleta en un futur relativament tan pròxim que serà possible d'evitar els danys que produiria una explotació de jaciments pobres d'urani, o si ja no s'hi serà a temps i hom haurà de lamentar *a posteriori* la inutilitat relativa de les lesions produïdes.

IV. Sobre el tractament "in situ" dels materials extrets en una hipotètica explotació futura i la problemàtica radioactiva subsegüent

L'urani que es troba a la natura és fonamentalment urani-

	vida mitjana	radiació	proporció
urani-238	$4,5 \times 10^9$ anys	alfa	992,9 kg
tori-234	24,1 dies	beta, gamma	$1,46 \times 10^{-1}$ g
protoactini-234	1,2 min	beta, gamma	$4,68 \times 10^{-10}$ g
urani-234	$2,5 \times 10^5$ anys	beta, gamma	50,1 g
tori-230	8×10^4 anys	alfa, gamma	17,6 g
radi-226	1630 anys	alfa, gamma	0,332 g
radó-222	3,8 dies	alfa	$2,147 \times 10^{-6}$ g
poloni-218	3 min	alfa, beta	$1,16 \times 10^{-9}$ g
plom-214	26,8 min	beta	$1,01 \times 10^{-8}$ g
bismut-214	19,7 min	beta, alfa	$7,4 \times 10^{-9}$ g
poloni-214	$1,6 \times 10^{-4}$ seg	alfa	$9,1 \times 10^{-16}$ g
plom-210	20,4 anys	beta, gamma	$4,32 \times 10^{-3}$ g
bismut-210	5 dies	beta, alfa	$2,63 \times 10^{-6}$ g
poloni-210	138,5 dies	alfa	$7,37 \times 10^{-1}$ g
plom-206	estable	—	—

238, acompanyat d'una quantitat petita (al voltant del 0,7%) d'urani-235, el qual és el metall fissionable útil per a les centrals nuclears. Per tant, un cop extret dels seus jaciments i concentrat en la forma d'òxid U_3O_8 , l'urani natural ha d'ésser traslladat a instal·lacions especials on, després d'ésser transformat en hexafluorur d'urani, és enriquit en l'isòtop urani-235 fins a la proporció del 3 al 4%. Aquest procés d'enriquiment en urani-235 no es realitza a peu de jaciment, sinó en instal·lacions especials de les quals no n'existeix cap a l'Estat espanyol.

En el supòsit que a la zona d'explotació mateixa o a la seva proximitat no es construeix la instal·lació d'obtenció de l'òxid d'urani, no és probable que l'empresa concessionària procedís al transport del total dels materials extrets vers instal·lacions de concentració allunyades, sinó que alguna fase de pre-tractament i pre-concentració d'aquests materials es faria *in situ*. Aquesta fase produiria també importants quantitats de cues o residus que caldria anar acumulant als voltants de la zona d'explotació.

En els seus minerals, l'urani sofreix espontàniament un procés de desintegració radioactiva en el qual s'origina una emissió de radiació característica i tota una sèrie d'elements successius, que també són radioactius i que es troben presents també en el mateix mineral, sèrie que acaba quan es forma l'isòtop plom-206, que és estable. La sèrie radioactiva de l'urani-238 és la que s'enumera a continuació, amb la indicació de la vida mitjana de cada membre de la sèrie, del tipus de radiació emesa en la seva desintegració i de la proporció en què es troba cada membre a la mescla natural en equilibri amb 1000 kg d'urani.

L'urani-235 present en l'urani natural és el cap d'una nova sèrie radioactiva (anomenada sèrie de l'actini). És molt freqüent que els minerals d'urani continguin també tori-232, el qual és també radioactiu i cap d'una altra sèrie radioactiva. Cal remarcar que el radó-222 produït per la desintegració del radi-226 és un element gasós que queda en gran part atrapat dins l'estructura del mineral cristal·lí on és generat, fins que es descompon al seu torn produint poloni-218. Així, doncs, quan es procedeix a l'extracció del mineral i se'n trenca l'estructura, i també quan es tritura i es moltura el mineral extret per sotmetre'l a lixiviació, es produeix l'escampament

L'impacte
d'una explotació
de minerals
radioactius
(Rum Jungle,
Austràlia)

(Font: arxiu "Userda")

16 (juliol-agost 1980

ciència 1)

de quantitats notables de gas radó-222 intensament radioactiu. Això obliga a prendre mesures estrictes de protecció a l'interior de les mines, i fa créixer els nivells de la radioactivitat ambiental al voltant de les explotacions a cel obert i de les zones d'acumulació i tractament del mineral extret. La desintegració del radó incorporat a l'atmosfera i arrossegat pels corrents d'aire produeix els altres membres successius de la sèrie radioactiva, que són tots sòlids i que es disposen damunt de les superfícies exposades a l'aire: hom coneix amb el nom de *radioactivitat induïda* la que adquireixen aleshores aquestes superfícies. Tots els altres elements radioactius presents en els minerals d'urani tenen propietats químiques tan diferents de les d'aquest que resisteixen el tractament de concentració a què és sotmès el mineral i resten a les cues de tractament o són arrossegats per les aigües residuals.

Per tal de comprendre la formació dels diversos residus sòlids, líquids o gasosos durant el tractament que duu a l'obtenció de l'òxid d'urani, U_3O_8 , convé exposar-ne les diverses fases amb un detall superior al que dona l'informe de la direcció general de Minas esmentat al capítol I. Aquestes fases són en línies generals les següents (encara que són possibles algunes variants de l'esquema general que s'indica):

1. Extracció del mineral.
2. Trituració, tamisatge (a 2,5 cm, per exemple) i molturació.
3. Lixiviació amb aigua acidulada amb 3-4 g d'àcid sulfúric per litre.

El mineral molt és col·locat a les anomenades eres de lixiviació, damunt un fons de plàstic reforçat amb sorra, en piles d'uns 50-60 metres de costat i d'uns 6-7 metres d'alçària, on és irrigat amb l'aigua àcida. Es recull un líquid àcid que pot contenir unes 400 parts per milió d'urani, el qual és sotmès a ulterior tractament. El residu sòlid, pràcticament exempt d'urani, serveix de base per a muntar una segona era de lixiviació o serveix de reblliment d'una part de l'explotació a cel obert.

4. El licor àcid és sotmès a extracció i bescanvi iònic amb determinades amines dissoltes en dissolvents orgànics. Un cop exempt d'urani, el licor àcid és descartat; constitueix una part de les aigües residuals, tanmateix radioactives.

5. De la solució orgànica, que conté al voltant dels 2 g d'urani per litre, l'urani és recuperat per tractament amb una solució aquosa concentrada de clorur de sodi, àcida. La solució de l'amina en els solvents orgànics és reciclada vers l'etapa núm. 4. La solució de la sal és neutralitzada i



precipitada amb amoníac mentre és oxidada passant-hi aire. S'obté un precipitat d'uranat d'amoní.

6. Filtració del precipitat i espessiment. S'obté una pasta groga d'uranat d'amoní (l'anomenat *yellow cake*) i unes aigües residuals fortament salines i radioactives que són acumulades en una piscina de retenció i finalment evacuades.

7. El precipitat, per dessecació i calcinació, és convertit en òxid d'urani, U_3O_8 . Aquest és sotmès a polvorització.

8. Empaquetament de l'òxid d'urani per al seu transport a la instal·lació d'enriquiment en urani-235.

Tal com diu l'informe de la direcció general de Minas, les etapes 1 i 2 fan augmentar la radioactivitat de l'atmosfera ja que provoquen l'acceleració de l'escapament del radó-222 procedent del radi-226, el qual en cap moment no és tractat en el procés. A les etapes 4 i 6 es produeixen líquids residuals radioactius; a les etapes 1, 2, 7 i 8 es produeix una quantitat de pols en partícules sòlides en forma d'aerosols més o menys estables que poden ésser arrossegats pel vent a certes distàncies i no ésser eliminats de l'atmosfera més que per la pluja. Aquests aerosols poden contenir urani-238, tori-230 i radi-226. És a dir, en les condicions normals d'operació de l'explotació és previsible la contaminació radioactiva de l'aire i de les aigües superficials i subterrànies, dependent de la micrometeorologia i de la permeabilitat del sòl, i no solament un increment de la radioactivitat dins la planta de tractament. En el cas de la zona Guillerries-Cabrerès, seu de grans embassaments (Sau, Susqueda, etc.) aprofitats per a l'abastament d'aigües potables a àmplies zones del país, el problema de la contaminació hídrica resultaria especialment inquietant. Dels residus sòlids o cues de tractament, polvoritzats, on queden els elements radioactius sòlids que acompanyaven l'urani en el mineral i potser un tres per cent de l'urani-238 inicial, s'allibera radó. La presència del radi i del tori en el mineral assegura la producció posterior de radó, per la qual cosa l'increment de radioactivitat procedent de les piles d'aquests materials pot perdurar molt llarg temps, àdhuc molt després d'acabada l'explotació del jaciment. El radó alliberat no desapareix per simple difusió gasosa, ja que és un gas de pes molecular elevat, encara que pot ésser dispersat pels vents. Desapareix principalment per desintegració radioactiva (vida mitjana: 3,8 dies). Cal advertir que aquest gas s'allibera de forma contínua de les piles de mineral abans de lixiviar, de les eres de lixiviació i del sistema de retenció de les cues. En la mineria de l'urani, no existeix cap procediment que

permeti d'evitar l'augment d'escapament de radó a l'atmosfera.

Ara bé, encara que hom sol donar importància primordial al radó, cal situar la gravetat del problema en els seus elements fills, que bé com a ions lliures o bé absorbits a les gotes d'aigua o a les partícules d'aerosol atmosfèric són inhalats, dipositats i retinguts en el sistema respiratori, principalment a l'epiteli bronquial, el qual resta exposat a dosis molt superiors a les que pugui rebre la resta del cos. L'exposició dels pulmons als elements fills (especialment en forma d'ions lliures) és més gran que la corresponent al mateix radó. Els efectes són atribuïts a l'emissió alfa d'aquests elements fills. La dosi màxima rebuda en el pulmó per individus que viuen a un quilòmetre de la pila de cues ha estat avaluada en uns 450 mil·lirems per any.

A efectes comparatius, i per tal de conèixer provisionalment la incidència que pugui tenir la mineria de l'urani, direm que d'una pila de cues, quadrada, de 1000 metres de costat, amb un contingut en radi-226 avaluat en 560 pCi/g, la dosi màxima a què es troba sotmesa una persona a un quilòmetre de distància dins la direcció del vent és de 900 mil·lirem/any. Les persones que viuen en un radi de 80 quilòmetres vénen a rebre 2,2 mil·lirem/any, la qual cosa equival a una dosi agregada de 120 mil·lirem/any als membres de la població general, conjunt de dosis que no deixen d'inquietar des del punt de vista sanitari. En efecte, en la reglamentació publicada l'any 1977, l'agència nord-americana de protecció ambiental (EPA) considerava tolerable un màxim de 25 mil·lirem/any per a qualsevol part del cos, excepte el tiroides (Environmental Protection Agency, Rules and Regulations, Federal Register, January 13, 1977), i la International Commission on Radiological Protection (Recommendations ICRP, nr. 26, 1977) donava el valor de 120 mil·lirem/any com a màxima dosi permissible per al pulmó. Un estudi molt complet de la contaminació radioactiva que el radó i els seus elements fills originen a l'atmosfera al voltant de les piles de materials triturats i de cues de tractament, amb moltes mesures experimentals i previsions relatives als efectes a curt i a llarg termini, ha estat publicat per l'esmentada agència EPA (EPA: *The Nuclear Fuel Cycle*, vol 3, 1973).

A l'informe de la direcció general de Minas són fetes unes consideracions relatives als sistemes de reducció o de protecció que s'han d'adoptar al final de l'explotació. Són sistemes que presenten algunes insuficiències. Així, per exemple, per

tal de reduir l'emissió de radó a nivells inferiors als naturals, diu l'esmentat informe que és suficient de cobrir els residus amb una capa prima d'argila (i de crear al seu damunt un mantell vegetal), en contradicció amb les dades publicades per l'EPA (*op. cit.*, vol. 3, p. 61) segons les quals un recobriment de 2 peus de gruix redueix el nivell d'emissió de radiació per la pila de residus a un setanta-cinc per cent, i un de 20 peus de gruix (més de 6 metres) el redueix a un deu per cent del valor corresponent a la pila no coberta i encara significativament superior al nivell natural. A més, aquests recobriments tendeixen a eliminar les pèrdues de radi i de tori de les piles originades per l'erosió deguda al vent i a les aigües, i fan més perdurable, per tant, l'emissió de radó. El recobriment no es pot considerar permanent, ja que resta subjecte a l'erosió eòlica i a l'arrossegament per l'aigua de pluja, que poden descobrir el mineral soterrat, retornant l'emissió de radó al seu nivell inicial. D'altra banda, la retenció de la pila de residus per un dic que no permeti de cap manera el pas d'efluents líquids, com recomana l'informe de la direcció general de Minas, pot ésser un requisit difícil de complir segons quines siguin les característiques físiques del terreny i la seva permeabilitat.

En relació amb els aspectes de la seguretat general i de la reconstitució del sòl vegetal per part del consorci concessionari un cop acabada l'explotació, sembla que les normes actualment vigents a l'Estat espanyol no són suficients, i que l'experiència existent sobre la capacitat executiva per a fer-les complir permet de posar un dubte racional sobre llur eficàcia global.

V. Sobre l'impacte d'una hipotètica explotació futura sobre el sòl, la vegetació i el paisatge

En primer lloc cal tenir present que per a obtenir el mineral cal remoure quantitats molt grans de terra i que això determina una profunda alteració del país. Si l'explotació es fa a cel obert, en resulta l'eliminació total de la terra fèrtil i de la vegetació, no sols a tota la superfície del jaciment explotat, sinó encara en una zona marginal més o menys gran en la qual s'estableixen les instal·lacions auxiliars, les piles de residus, les eres de concentració de l'urani, les amples vies d'accés per a vehicles pesants, etc. En el cas que es faci en galeries subterrànies, l'alteració no ha d'ésser tan extensa, però

també es produeix als voltants de la mina, on hi ha d'haver igualment els elements indicats abans.

Com que la destrucció de la vegetació i del sòl és completa, la gravetat del mal depèn de l'extensió superficial de l'àrea. Si es tractava de pocs jaciments de superfície molt limitada les conseqüències serien relativament petites, però si els jaciments explotables fossin extensos o bé nombrosos i distribuïts dins una gran superfície l'efecte sobre el paisatge seria molt greu.

En general quan s'acorden les concessions de mines s'estableix l'obligació de l'empresa de restaurar el paisatge primitiu un cop acabats els treballs. Però rarament aquesta condició s'acompleix en arribar el moment. I encara que hom ho volgués fer, les dificultats serien considerables. En efecte, la restauració del sòl no és pas gens fàcil. El procés natural de regeneració de la terra fèrtil s'inicia tan aviat com l'home plega d'actuar, però necessita molts de segles per a arribar a un estat que hi faci possible la vida d'una vegetació normal. De vegades, en començar els treballs d'extracció hom arrenca la terra fèrtil superficial i l'acumula en dipòsits per tal de retornar-la al seu lloc en acabar l'explotació. Però en fer aquesta operació es barregen els horitzons del sòl, de propietats diferents el uns dels altres, i la terra perd la seva qualitat inicial. D'altra banda, és freqüent que quan, al cap d'alguns anys, hom vol tornar la terra allà on era, n'hagi desaparegut una gran part per erosió pluvial o per altres causes. Si no hi ha prou quantitat de terra originària i cal treure'n d'altres indrets, allò que es guanya en el terreny del jaciment es perd als llocs de procedència del material nou.

Pràcticament és impossible de refer la vegetació complexa que existia abans de l'explotació. Gairebé sempre el nou sòl és molt més dolent que el primitiu i, encara que no ho fos, seria summament difícil de reconstruir els ecosistemes desapareguts. Naturalment, damunt del nou sòl sempre es fa vida vegetal d'alguna mena i en molts de casos és possible fins i tot de plantar-hi arbres poc exigents, com són, per exemple, els pins mediterranis. Però és gairebé impossible que es tornin a establir, almenys dins un període de temps raonablement limitat, les comunitats naturals d'organismes vegetals i animals que ocupaven la localitat abans de l'explotació. La qualitat del paisatge, així com la productivitat agrícola i forestal de la terra resulten, doncs, fortament afectades.

Això seria especialment greu en contrades com la Garrotxa, les Guilleries, el Gironès o el pla de la Selva, situades dins



L'actuació minera a la zona dels cingles de les Guillerries - Cabrerès comportaria una degradació irreparable en el paisatge.
(Foto: J. Nuet i Badia)

una de les àrees de Catalunya més notables per la valor del seu paisatge. Hom compta que una part considerable d'aquestes terres esdevingui zona de protecció del patrimoni natural (parc natural o figura anàloga) en un futur proper. Les terres planes de la Garrotxa, del Gironès i de la Selva, amb llur clima mediterrani humit característic, posseeixen un gran potencial agrícola, que permet d'utilitzar-les per a cultius intensius molt valuosos, com a vivers agrícoles i forestals, com a àrea hortícola i fructícola primerenca, etc. Ofereixen, també, una riquesa extraordinària de formes de vegetació espontània, entre elles molts elements del paisatge vegetal de l'Europa central humida, que hi tenen llurs avançades extremes cap al sud.

D'altra banda, són terres força poblades (la Garrotxa, 52 hab./km²; el Gironès, 138 hab./km²; Osona, 83 hab./km²; la Selva, 54 hab./km²) i amb una gran densitat de nuclis de població dispersos. Una alteració profunda d'aquestes terres conduiria, doncs, a perjudicis gravíssims per a una població numèricament important i a fortes pèrdues econòmiques. Conduiria, també, a l'extinció de molts elements de paisatge característics i d'un nombre important d'espècies vegetals i animals, o sia, a un empobriment considerable del patrimoni natural de la nostra terra, sensible tant en l'aspecte econòmic com en els aspectes científic i estètic. La fesomia general del país restaria desfigurada i el fet seria especialment greu perquè passa per aquestes contrades una de les principals vies d'accés a Catalunya.

Cal insistir que la degradació de les comarques que envolten Girona, a més de produir la pèrdua de riqueses agrícoles i forestals importants, afectaria molt desfavorablement el potencial turístic de tot Catalunya i, sobretot, de les contrades del nord-est del país, en les quals la marina i les terres forestals humides de l'interior fan un conjunt indivisible.

VI. Sobre el conflicte entre els processos actuals d'ordenació del territori, les concessions efectuades i les hipotètiques explotacions futures

Finalment, hom podria adduir que el contenciós plantejat cal demanar la solució a les tècniques de l'ordenació del territori, les quals serveixen precisament per a trobar i posar en pràctica la solució òptima —o la més adequada—, en un procés d'equilibri, quan es produeixen conflictes en l'ús del territori. Prèviament, cal considerar, des de l'angle específic de la

disciplina, l'abast i la naturalesa dels conflictes previstos. És evident que l'ordenació del territori pot estudiar i planejar les estructures físiques per als canvis sociològics i productius que suposa una explotació minera d'aquesta envergadura en unes comarques mitjanament poblades i predominantment rurals. Caldria estudiar la repercussió de l'impacte en el poblament (habitatge i equipaments) i en les infraestructures (comunicacions i serveis), i coordinar aquests canvis de manera que llur repercussió sobre els components naturals i la morfologia (paisatge) fossin també acceptables. Però en aquesta mateixa descripció hi ha una petició de límits fora dels quals la resolució del conflicte esdevé impossible. A vegades són límits qualitius, com en el cas dels cingles de les Guillerries-Cabrerès, on qualsevol actuació minera comportaria una degradació irreparable en el paisatge; en altres, es tracta de límits quantitius, com seria el cas de les previsiblement enormes explotacions de superfície al pla de la Selva, impossibles de circumscriure en zones *ad hoc*, com es fa en les explotacions mineres ordinàries, tot confiant a una normativa puntual la localització i la reducció del conflicte.

Les comarques afectades són especialment significatives dins la peculiar estructura territorial del Principat. En primer lloc, el passatge —fins avui pot dir-se que només fluvial— del Ter per les Guillerries, té grans possibilitats d'esdevenir el suport d'un dels trams més difícils de l'esperat Eix Transversal, si bé és cert que existeixen propostes alternatives que l'acosten a Olot, desplaçant-lo cap al Nord; de tota manera hom no pot córrer el risc de condicionar amb un peu forçat allò que ha d'ésser una important decisió del Parlament de Catalunya. En aquesta mateixa línia, cal considerar les expectatives —plenament confirmades per l'opinió pública— de tota la subcomarca de Sau, Susqueda i el Pasteral per a ésser protegida dins d'un molt important parc natural i reserva de paisatge. En aquesta reserva, els cingles de Tavertet, Sant Joan de Fàbregues i el Far, tan fortament amenaçats per les explotacions uraníferes, juguen un paper essencial, de tal manera que l'enrunament dels cingles feriria de mort la força i l'expressió d'uns accidents naturals que fins i tot són visibles des de la costa. Pel que fa a la comarca de la Selva, situada sobre el passatge natural més important d'una terra de passatges com la nostra, les anteriors consideracions són també eminentment vàlides. Aquest pas històric, reforçat avui amb el triple canal del ferrocarril, de l'autopista i de la carretera, és alhora punt de recollida de les vies procedents de la Costa Brava, que

s'acoblen cap a l'interior davant la dificultat d'un vial costaner (com s'esdevindrà més avall, al Maresme). La devastació d'una peça tan important no pot contemplar-se ni tan sols com una hipòtesi. L'anàlisi cost-benefici no és aplicable a casos com aquest, en què els costos ultrapassen el

llindar de la viabilitat, ni que fossin compensables.

Finalment, cal parlar de la incidència dels impactes prevists sobre el futur planejament del territori català que el nostre poble espera amb il·lusió i anhel. És evident —com ja s'ha esmentat de passada— que caldrà decidir aviat sobre les grans opcions de l'endegament del territori, i en aquest cas, si hom decideix de donar via lliure a una actuació minera com la que estem contemplant, hom incorrerà en una desconsideració greu envers els qui hauran d'assumir aquest endegament. Aquesta decisió, a més, serà apreciada com un pas en fals temerari i injustificable quan es ponderin els fets des de l'òptica més ampla que caracteritza el planejament dels grans espais territorials.

Resumint: la qualitat paisatgística dels indrets afectats i la quantitat de terrenys que caldria devastar, ultrapassen les possibilitats d'una ordenació racional de l'explotació proposada. L'ordenació del poblament i de les infraestructures fóra en aquest cas un sarcasme, damunt d'un territori malmès per molts anys. I especialment en un país petit com el nostre, mai l'ordenació del territori no podrà resoldre el perill de la radioactivitat ocasionada per la presència de radó i sèrie subsegüent en l'atmosfera.

Considerades totes aquestes coses, els sotasignats arriben a les següents

Conclusions:

1. La sola consideració dels límits de la concessió demostra la gravetat de la situació, car més d'un vint per cent de la província de Girona, i en total més d'un deu per cent de Catalunya queden amenaçats d'expropiació i de devastament, ja que la constant i artificial elevació del preu de l'urani des del 1974, juntament amb el millor rendiment de les tecnologies emprades, poden convertir en explotables fins i tot jaciments amb mineral de baixa llei.

2. Cal connectar l'anterior consideració amb la imminència de l'autonomia de Catalunya, l'Estatut ordenador de la qual preveu la competència exclusiva de la Generalitat en matèria d'ordenació territorial, i veure com se'n desprèn un greuge

evident: la indefensió completa del govern de Catalunya davant d'intervencions greus en el seu territori, situació comparable a les que es donen en els règims colonials.

3. Bé que les prospeccions no originen radioactivitat apreciable, l'explotació podria presentar un evident perill sanitari, no tant pels efectes radioactius de l'urani, com pels de l'emanació a l'atmosfera del radó a partir del tori i d'altres elements de la cadena de l'urani, els quals apareixen, d'altra banda, tant en els residus sòlids com en els líquids.

4. Pel que fa al sòl, a la vegetació i al paisatge, un país com Catalunya, de dimensions reduïdes, escasses terres fèrtils i poblament molt disseminat, no podria suportar un devastament com el que suposaria l'explotació previsible, tanmateix correlativa a la concessió assignada si les prospeccions en curs donen resultats mínimament positius.

Per tant, els sotasignats apreciem desfavorablement la concessió efectuada i estimem que amb la utilització de tots els mitjans legals, cal oposar-se ja des d'ara a qualsevol proposta d'explotació. I per a un més gran aprofundiment i matisació d'aquestes opinions suggerim a la Diputació Provincial de Girona que, sota la seva supervisió, encarregui a una companyia especialitzada la confecció d'un estudi d'impacte ambiental i sanitari que corrobore i precisi, si és el cas, els aspectes negatius d'aquest dictamen. Atès que, com ha estat dit, la fase d'investigació suposa una inversió mínima de l'ordre de 600 milions de pessetes, no sembla extemporani suggerir que la Diputació de Girona gestioni prop de la companyia concessionària una provisió econòmica proporcional per a poder afrontar les despeses de l'estudi que recomanem. Finalment, reiterem la conveniència de revisar la vigent Llei de Mines, per les raons exposades a les manifestacions inicials.

(E. Casassas, O. de Bolós, R. Folch,
O. Riba, M. Ribas - Piera)

Secció de Ciències de l'IEC, 8 de novembre del 1979.