



AVALUACIÓ DE LA DOSI AMBIENTAL EN UNA MINA D'URANI: LA MINA EUREKA

L. Sánchez^a, E. Tumbaco^a, R. Vila^a, - A.Hierro^b, J. Garcia-Orellana^c, M. Zarroca^b

Universitat Autònoma de Barcelona – Facultat de ciències

Juny 2016

^a4t Ciències Ambientals – Universitat Autònoma de Barcelona

^b Universitat Autònoma de Barcelona

^cInstitut de Ciència i Tecnologia Ambiental (ICTA) – Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

Abstracte

L'urani és un mineral del qual se'n deriven opinions molt diferents, ja sigui per la població en general com pels científics, degut a la radiació que se'n desprèn, així com dels gasos o altres elements. Una part de la societat, a dia d'avui rebutja de manera molt clara l'element en qüestió, i sobretot les mines d'explotació de les quals se n'extreu. Consideren que mobilitzar aquest material és molt perillós per la seva salut i pel medi ambient en general. Una altra, però, hi veu una alta possibilitat de producció d'energia i un nou recurs que s'ha d'explotar d'alguna manera, ja sigui extractivament o com atractiu turístic.

Tot i així, no se sap quins són els efectes que poden causar aquestes explotacions per si mateixes. És a dir, quins són els efectes que causa l'activitat antròpica i que no causaria el jaciment de manera natural sense ser explotat. Existeix una gran incertesa general pel que fa al desenvolupament de la mineria d'urani i això, sovint, porta a acusacions i teories sense fonaments.

En aquest treball s'ha volgut avaluar les dosis d'una zona que als anys 60 va ser el centre d'atenció per contenir unes quantitats de minerals d'urani considerables, i de les quals es varen fer diverses cates i sondeigs. A dia d'avui, aquesta zona contempla un pla per tal de desenvolupar un itinerari turístic i fer-ne promoció per incrementar el nombre de visitants a l'any. Aquesta variació en el futur de les mines, implica un increment de les possibles exposicions a les que diferents persones es veuran sotmeses: els visitants, els treballadors en l'itinerari, els científics, etc.

En definitiva, es vol conèixer si aquelles zones antropitzades per la mineria d'urani estan directament relacionades amb zones de major dosi, amb valor molt per sobre de la dosi de fons (0.05 $\mu\text{Sv/h}$).

Abstracto

El uranio es un mineral del cual se derivan opiniones muy diferentes, ya sea por la población en general como por los científicos, debido a la radiación que se desprende, así como de los gases e otros elementos. Una parte de la sociedad, a día de hoy rechaza de manera muy clara el elemento en cuestión, y sobre todo las minas de explotación de las cuales se extrae el material. Consideran que movilizar este material es

perigroso para su salud y para el medio ambiente en general. Otra, pero, ve otra posibilidad de producción de energía i un nuevo recurso a explotar de algún modo, ya sea extractivamente o como atractivo turístico.

Aun así, no se sabe cuáles son los efectos que causa la actividad antrópica i que no causaría el yacimiento de manera natural sin ser explotado. Existe una gran incerteza general en cuanto al desarrollo de la minería de uranio y esto, a veces, lleva a acusaciones y teorías sin fundamentos.

En este trabajo se ha querido avaluar las dosis de una zona que en los años 60 fue el centro de atención por contener unas cantidades de mineral de uranio considerables, y de las cuales se hicieron diversas catas y sondeos. A día de hoy, esta zona contempla un plan para desarrollar un itinerario turístico i hacer la promoción para incrementar el nombre de visitantes al año. Esta variación en el futuro de las minas, implica un incremento de las posibles exposiciones a las que diferentes personas se ven sometidas: los visitantes, los trabajadores del itinerario, los científicos, etc.

En definitiva, se quiere conocer si aquellas zonas antropizadas por la minería de uranio están directamente relacionadas con zonas de mayor dosis, con valores muy por encima de la dosis de fondo ($0.05 \mu\text{Sv/h}$).

Abstract

Uranium is a mineral which originate very different opinions. On the one hand the population in general, on the other hand the scientifics, due to radiation that irradiate. Also the gas and other elements. These days a part of society refuse very clearly that element and pretty much the strip mining which pull out the material. One part considers that mobilise this material is dangerous for health and enviroment too. But another part see the possiblity to produce energy and a new resource either extraction or touristic attractive.

Even so, we don't know which are the effects of the anthropic activity and won't causes the natural deposit without human interaction. Exist a big uncertainty due to the uranium mining developement and sometimes cause charges and theories without fundaments.

In this study we have want to evaluate the dose of a zona that was the center of attention at the 60's due to contain a considerable quantity of uranium mineral. Nowday this zone has a plan to develop a touristic itinerary and promote it to increase the number of visitor in a year. This variation in the mine future will cause an increase of the possibly people expose. Thes people are the tourists, the intinerary workers, scientifics, etc.

In conclusión, we want to know if those zones which were affected by the uranium mining, are directly related with the zones that present the highest dose, with values higher than the background dose ($0.05 \mu\text{Sv/h}$).

Keywords

Uranium mining, dose, anthropic acitvity, extraction, touristic itinerary, natural deposits.

1. INTRODUCCIÓ

Després de la guerra civil i amb l'obertura del règim Franquista a l'exterior gràcies al suport dels Estats Units, Espanya va iniciar la cursa per produir energia nuclear.

Franco va percebre, molt precoçment, la potencialitat de la energia atòmica per impulsar la reindustrialització d'Espanya i reforçar la seva capacitat militar i diplomàtica (Menéndez Navarro i Sánchez Vázquez, 2013).

L'any 1951, es va crear a Espanya la Junta Nuclear Espanyola (JNE), l'organisme estatal que va liderar el desenvolupament atòmic (Romero de Pablos i Sánchez-Ron, 2001).

Per tal d'abastir tot el necessari per tirar endavant aquesta nova aposta, es van realitzar un seguit de sondejos per la cerca d'urani. Un d'aquests va ser la mina Eureka.

1.1. Àrea d'estudi

Les Mines Eureka són unes cales de sondeig que es troben al vell mig de l'anomenada Vall Fosca, una vall situada al nord de la província catalana de Lleida, concretament al Pallars Jussà.

Compta amb poc més de 700 habitants, tots ells repartits pels 19 pobles que conformen la vall.

El municipi de Castell-Estaó, situat a 1000 m sobre el nivell del mar, és el poble més proper a la zona d'estudi, més concretament, a sobre dels sondejos de la mina Eureka.

Les anomenades mines Eureka es troben situades en una sèrie de roques sedimentàries permotriàsiques, també anomenades permobunts del Pirineu Central.

Segons un estudi geològic realitzat per Espuny-Solani i Mata-Perelló (2001), al

jaciment de Castell-Estaó, trobem urani envoltat d'arenisques vermelles i micoses. Al seu voltant hi trobem materials paleozoics i mesozoics. El paleozoic en aquesta zona està format per sediments corresponents al Devonoic, Carbonífer i Pèrmic.

L'any 1960 seguint direcció E-O dels estrats de mineralització, es va començar a realitzar exploracions a afloraments naturals i sondejos de la zona, realitzant cinc galeries, de les quals actualment només tres estan senyalitzades: inferior, intermèdia i superior. Els principals minerals que es van extreure van ser Uraninita i Cejkaita.

La mina Eureka era una mina de petites dimensions, les quals comptaven amb menys de 20 treballadors, la majoria forans, durant els tres anys que es va explotar.

L'any 1963 es va donar per acabada la extracció d'aquests jaciments d'urani per dues raons principals. Per una banda, el baix volum d'urani que hi havia a la mina, i per una altra banda, i potser la més important, l'elevat cost econòmic que suposava transportar l'urani cap a Andújar (Andalusia) i finalment cap als Estats Units, on es feia tot el procés d'enriquiment d'urani.

2. MATERIALS I MÈTODES

2.1. MATERIALS

Detector de NaI (TI) Marca: Canberra Inspector 1000.

Es tracta d'un detector portàtil de centelleig sòlid que mesura la radiació gamma, en aquest cas, en $\mu\text{Sv/h}$. Consisteix en un cristall de Iodur de sodi (NaI) dotat amb tal·li (TI) associat a un tub fotomultiplicador.

Localitzador GPS

Enregistrador de coordenades UTM via satèl·lit, útil en la ubicació de totes les mesures realitzades en la zona d'estudi i posterior confecció del mapa d'influència radiològica.

Detector actiu: Rad 7

Es tracta d'un aparell de mesura del radó. Es basa en un detector de semiconducció amb una cambra d'electrodisposició. Disposa d'un detector de silici pla i una cambra de deposició de 0.70L semiesfèrics, la qual està recoberta amb un conductor elèctric en el seu interior.

2.2. MÈTODES

Aquest projecte ha requerit d'un estudi de camp, dividit en tres sortides, en les quals, en un primer moment, ens va permetre conèixer les característiques de la zona, els punts antropitzats i naturals, i en segon terme, la realització de les mesures *in situ* de dosi de cada punt i de l'itinerari senyalat.

2.2.1. Determinacions "in situ" d'activitat radiològica

Al llarg d'aquest estudi s'han realitzat un total de tres sortides de camp. Aquestes es van centrar en la mesura de dosis ambiental *in situ*, amb l'ajuda del detector de radiació gamma de NaI (TI) al llarg del recorregut i en aquells punts, que per aquest projecte, consideràvem d'interès per presentar dosis significativament superiors a la dosi de fons (0,05 $\mu\text{Sv/h}$).

En tot moment, es mesurava en una distància de 20-30 cm del terra, per tenir tots els resultats en les mateixes condicions.

En aquelles zones que presentaven algun tipus d'alteració antròpica degut a la mineria, es van realitzar mesures més detallades de l'exterior i, de l'interior si es tractava de galeries.

2.2.2. Determinació de la concentració preliminar de radó dins de les galeries

Col·locant el detector Rad7 a l'interior d'una de les galeries, durant un període de temps de 1 hora, es va mesurar la concentració de radó. Es va posar el detector a la galeria "oberta", degut a que no es trobava clausurada i donava uns resultats més elevats en quant a dosis de radiació.

3. RESULTATS**3.1. Dosis ambiental de l'itinerari i l'àrea d'estudi**

Després de realitzar un seguit de mesures de dosis a la nostra zona d'estudi, es varen poder crear els mapes següents.

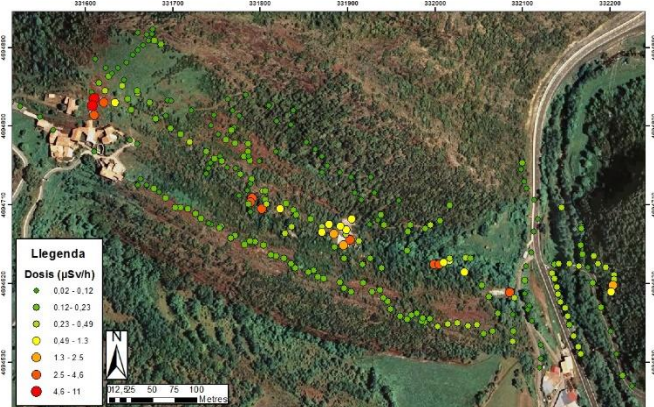


Figura 3. 1 Mapa de punts de dosi a la zona d'estudi



Figura 3. 3 Mapa de dosi ambiental a la zona d'estudi

3.2. Nivells de dosis ambiental zones antropitzades

A cada punt d'interès s'ha calculat la mitjana de totes les mesures de dosis ambiental tant a l'exterior com a l'interior de les galeries (taula 3.1)

PUNT CALENT		DOSIS MITJANA ($\mu\text{Sv/h}$)
Aflorament sota el mirador		2.74
Aflorament picat fora el camí		5.01
Galeria superior	exterior	0.13
	interior	0.65
Galeria "oberta"	interior	3.9
Galeria intermèdia	exterior	1.11
	interior	4.42
	tremuja	0.78
	escombrera	0.4
Galeria inferior	exterior	0.41
	interior	1.36
	zona de descàrrega	0.37
	escombrera i zona de càrrega	1.03
Galeria Mont-Ros	interior	1.4

Taula 3. 1 Dosis mitjana ($\mu\text{Sv/h}$) de les zones antropitzades.

3.3. Concentracions preliminars de Radó (Rn-222)

Degut a l'alt contingut d'urani que presenta tant la galeria intermèdia com la oberta, s'ha considerat oportú realitzar una primera determinació de la concentració de radó a l'interior de les galeries. Aquest, només es va poder mesurar a l'interior de la galeria oberta, ja que la intermèdia es trobava tancada. El detector RAD7, va mesurar una concentració de 75.000 Bq/m^3 .

4. DISCUSSIÓ

4.1. Relació entre activitat antròpica minera i dosis

Tal com s'ha observat en l'apartat de resultats, aquelles zones alterades per l'activitat minera que va tenir lloc durant les sondejos realitzats a la zona de la Mina Eureka, mostren unes dosis més elevades que el fons de $0,05 \mu\text{Sv/h}$.

Fent referència a les dosis mesurades en contacte amb la veta d'urani, s'ha de tenir present que un cop ens allunyem de la veta 20 o 30 cm, la dosis disminueix significativament. Per exemple, a la galeria oberta, en contacte mesurem una dosis de $270 \mu\text{Sv/h}$, i si ens allunyem 20 cm, la dosis es redueix a $35,4 \mu\text{Sv/h}$.

Juntament amb aquesta mesura, podem relacionar-la amb la dosis de $300 \mu\text{Sv/h}$, mesurada en contacte a la veta de la galeria intermèdia.

En segon lloc, s'ha trobat que l'aflorament natural antropitzat situat sota del mirador del municipi de Castell-Estaó, presenta una dosi en contacte de $32 \mu\text{Sv/h}$, reduint-se a $7,5 \mu\text{Sv/h}$ al allunyar-nos uns 20 cm de la veta d'urani.

En els mapes s'observa que aquelles zones antropitzades, amb major o menor grau, coincideixen en gran part amb aquelles localitzacions on les dosis ambientals són més altes. Aquestes zones alterades per l'activitat minera corresponen a: l'aflorament natural explorat localitzat entre la galeria superior i la intermèdia, a l'escombrera de la galeria intermèdia, a zones d'exploració en el camí entre la galeria intermèdia i la inferior, a la zona de càrrega de la galeria inferior i a l'entrada de la galeria Mont-Ros. Finalment, la zona on la dosis ambiental és més elevada, correspon a l'aflorament del costat del poble de Castell-Estaó, arribant a uns valors d' 11 $\mu\text{Sv/h}$.

4.2. Risc relacionat amb la dosi rebuda i la concentració de radó

El radó és un gas natural d'origen radioactiu, que es troba dins de la cadena de desintegració de l'urani-238, i que procedeix de la desintegració del radi-226.

A l'interior de les galeries, tal com reflecteixen els resultats, s'hi detecten les dosis més elevades, arribant a un màxim de 300 $\mu\text{Sv/h}$ en contacte. Tenint així uns rangs de dosis més elevats a l'interior de les galeries que a l'exterior d'aquestes.

La concentració de radó que s'ha mesurat a l'interior de la galeria oberta, és de 75.000 Bq/m^3 , una xifra molt per sobre del límit establert pel Reglament sobre la Protecció Sanitària contra les Radiacions Ionitzants (RPSRI) (Real Decreto 783/2001, 2001), que el fixa en 600 Bq/m^3 , a partir del qual cal aplicar mesures control si es realitzen inhalacions prolongades, ja que seria la concentració màxima que pot inhalar i a partir de la qual el risc de desenvolupar una malaltia és elevat.

El públic que tingui pensat entrar a les galeries, ja siguin experts que volen extreure minerals pel seu estudi i/o persones alienes a la investigació relacionada amb la Mina Eureka, rebran unes dosis més elevades de radiació i probablement inhalaran altes concentracions de radó superiors als 600 Bq/m^3 . Per tal d'accedir amb seguretat, reduint el risc d'inhalació de Rn, no és suficient utilitzar una mascara convencional, sinó que seria recomanable utilitzar un filtre de carbó actiu. Aquest tipus de filtre, a part de no permetre la inhalació de partícules que poden crear-se quan els visitants piquen el mineral (i que solen ser les que comporten un major risc), no permeten la inhalació del propi gas. Aquest és un factor important a evitar, ja que aquestes altes concentracions tenen una alta probabilitat de desintegrar-se en el propi pulmó dels visitants.

4.3. Taula dosis ambiental

S'ha realitzat un estudi de casos de les possibles visites que pot rebre tant l'itinerari de la mina Eureka com les seves pròpies galeries, per tal de determinar si és necessària alguna mesura de seguretat i evitar algun excés de radiació.

	Turistes	Guies	Geòlegs
Exposició ($\mu\text{Sv}/\text{visita}$)	2,06	2,06	10,47
Visites realitzades/any	1	52	6
Exposició ($\mu\text{Sv}/\text{any}$)	2,06	107,03	62,82
Visites/any	485	485	95

Taula 4. 1 Dosis rebudes i nombre de visites màximes

Com s'ha observat en altres apartats, la radiació és superior a la determinada com a fons, però tot i així, com podem observar en Taula 4.1, el nombre de visites per tal de superar els límits de dosi establerts (1000 $\mu\text{Sv}/\text{any}$), són molt elevades, i les dosis molt inferiors al límit.

5. CONCLUSIONS

Analitzant en conjunt totes les dades obtingudes, podem afirmar que aquelles zones que presenten major antropització degut a la l'activitat minera present, són també aquelles que s'hi detecta una dosi més elevada. Podem declarar, doncs, que l'antropització deguda a la mineria d'urani ha modificat les condicions naturals de la nostra zona d'estudi.

Aquestes zones que han patit una antropització degut a la mineria, presenten una dosi superior (rang 0.3-11 $\mu\text{Sv/h}$) a aquella que s'ha pres com a fons (0,05 $\mu\text{Sv/h}$). Tot i així, comparativament amb aquells punts que han patit major grau d'antropització, com per exemple les galeries (rang 0.12 – 41 $\mu\text{Sv/h}$), els valors de dosi són inferiors. Cal tenir en compte, però, que aquestes mesures no inclouen la dosi detectada en contacte amb l'urani, ja que aquestes poden arribar a tenir unes dosis comparativament molt superiors, arribant a uns valors de 270 - 300 $\mu\text{Sv/h}$ en la galeria amagada i la intermèdia, respectivament.

Tenint en compte que actualment està prevista la obertura al públic de l'itinerari turístic per la mina Eureka i, que el màxim de dosi permès per una persona normal és de 1 mSv (10³ μSv), podem afirmar que no hi ha perill immediat causat per la dosi radioactiva present a la zona, si l'exposició no és molt prolongada. Concretament, per començar a parlar de risc pel visitant, les hores totals que s'ha d'exposar són un nombre massa elevat per superar-lo amb facilitat.

Tot i així, recordar que l'exposició dintre de les mines al radó segueix sent molt elevada (75.000 Bq/m³), per tant no es recomana l'accés a aquestes, ja que el límit de concentració està actualment en 600 Bq/m³.

6. POSSIBLES ESCENARIS

D'ESTUDI

Des del grup de treball del projecte es presenten futures línies de treball que aquest estudi no han cobert i que es creu convenient de realitzar per tal de completar el treball:

- Estudiar els diferents efectes de les mines en la Flora, Fauna, Sòl i Subsòl. Així com un estudi més exhaustiu de la concentració de radó en totes les galeries.
- Millorar les mesures de seguretat de la zona i la informació present referent a aspectes radiològics.
- Controlar les possibles extraccions de minerals no regulades.

7. AGRAÏMENTS

Volem reconèixer primerament el seguiment exhaustiu dels Tutors del Treball Final de Grau, Dr. Jordi Garcia-Orellana, Dr. Mario Zarroca i la Dra. Almudena Hierro, i per la paciència demostrada al llarg de tot el camí recorregut en el nostre projecte.

També volem agrair a l'Eva Parisé, treballadora de l'ajuntament de la Torre de Cabdella, per haver-nos facilitat la clau d'accés a les galeries clausurades per poder fer les mesures necessàries per desenvolupar aquest projecte; i a la Cristina Muelas, pel seu interessant treball periodístic i l'ajuda que ens ha proporcionat.

8. REFERÈNCIES

ARRIBAS, A. (1966) Mineralogía y metalogenia de los yacimientos españoles de uranio. Indicios cupro-uraníferos en el Trías de los Pirineos Centrales. Estudios Geológicos, Vol. XXII, pp.31-45.

C.U. NWANKWO et Al. (2015) "Radioactivity concentration variation with depth and assessment of workers' doses in selected mining sites" – Elsevier.

ESPUNY SOLANI J., MATA-PERELLÓ J.M., El "red bed" de Castell-Estaó. un patrimonio geológico y mineralógico singular de la comarca del Pallars Jussà [en línia] http://www.sedpgym.es/descargas/libros_actas/V_MEIA-2001/17.MEIA_2001.pdf

MÉNDEZ NAVARRO, A.; SÁNCHEZ VÁZQUEZ, L. La protección radiológica en la industria nuclear española durante el franquismo, 1939-1975

ROMERO DE PABLOS, Ana; SÁNCHEZ-RON, José Manuel. Energía nuclear en España: de la JEN al Ciemat. Madrid: Ciemat. 2001.

MONTGARRI CASTILLO et. Al. (2009) "Mineralogía del depósito de uranio eureka (castell-estaó, Pirineo, Cataluña)" – Revista de la sociedad española de mineralogía.