

EL RADÓN: EXPOSICIÓN DE RIESGO PARA LA SALUD. SOLUCIONES PARA SU REDUCCIÓN



La exposición a radón y descendientes como riesgo
Laboral: minería, cuevas, balnearios. El RD 783/2001

Carlos Sainz Fernández, Ismael Fuente Merino, Luis Quindós López, José
Luis Gutiérrez Villanueva,
Jesús Soto Velloso, José Luis Arteche García, Enrique Fernández López,
Diego Arteche Laso, Luis Santiago Quindós Poncela

Grupo Radón, Universidad de Cantabria

22 al 26 de Noviembre de 2010
SANTIAGO DE COMPOSTELA



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Grupo Radon

33 AÑOS CON LA RADIACION NATURAL

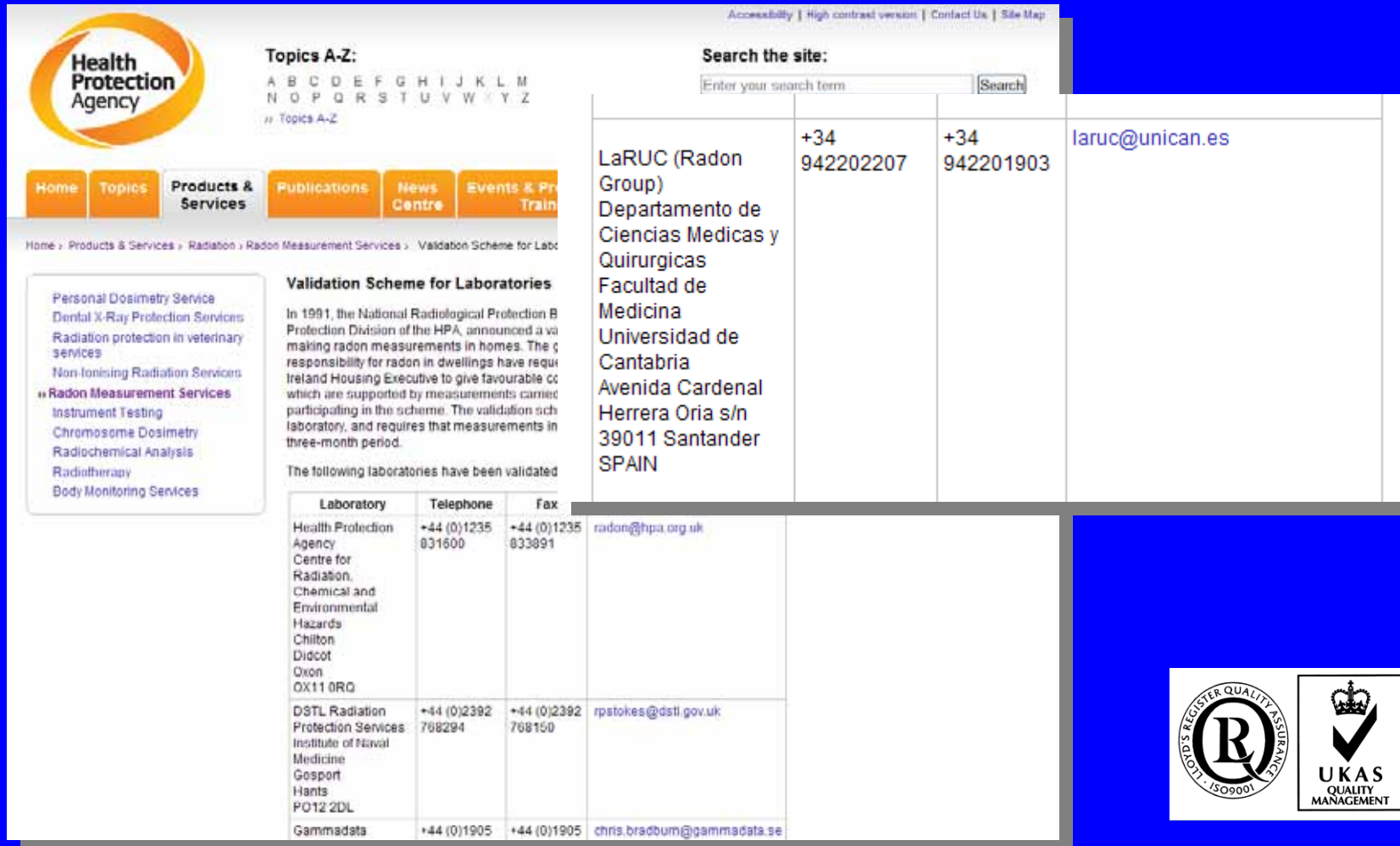
.- 8000 MEDIDAS DE RADON

.-7000 ANALISIS DE MUESTRAS DE SUELOS

.- 6000 MEDIDAS DE RADIACION GAMMA EXTERNA



<http://www.hpa.org.uk/ProductsServices/Radiation/RadonMeasurementServices/radon03Validation/>



Health Protection Agency

Topics A-Z: A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Search the site: Search

Home | Products & Services | Publications | News Centre | Events & Training

Home > Products & Services > Radiation > Radon Measurement Services > Validation Scheme for Laboratories

Validation Scheme for Laboratories

In 1991, the National Radiological Protection Board of the HPA, announced a validation scheme for radon measurements in homes. The responsibility for radon in dwellings have required Ireland Housing Executive to give favourable conditions which are supported by measurements carried out by participating in the scheme. The validation scheme requires that measurements in three-month period.

The following laboratories have been validated

Laboratory	Telephone	Fax	
Health Protection Agency Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards Chilton Didcot Oxon OX11 0RQ	+44 (0)1235 831600	+44 (0)1235 833891	radon@hpa.org.uk
DSTL Radiation Protection Services Institute of Naval Medicine Gosport Hants PO12 2DL	+44 (0)2392 768294	+44 (0)2392 768150	rpstokes@dsti.gov.uk
Gammadata	+44 (0)1905	+44 (0)1905	chris.bradburn@gammadata.se

LaRUC (Radon Group)
Departamento de Ciencias Medicas y Quirurgicas
Facultad de Medicina
Universidad de Cantabria
Avenida Cardenal Herrera Orta s/n
39011 Santander SPAIN

+34 942202207 +34 942201903 laruc@unican.es



STUDY OF THE ENVIRONMENTAL VARIABLES AFFECTING THE NATURAL PRESERVATION OF THE ALTAMIRA CAVE PAINTINGS LOCATED AT SANTILLANA DEL MAR, SPAIN

L. S. QUINDOS*, A. BONET, N. DIAZ-CANEJA, P. L. FERNÁNDEZ, I. GUTIERREZ, J. R.
SOLANA, J. SOTO and E. VELLAR

Department of Fundamental Physics, Faculty of Sciences/Department of Medical Physics, Faculty of
Medicine, University of Santander, Spain

(First received 27 March 1986 and in final form 30 May 1986)

Abstract—A study was carried out over a period of more than two years of the seasonal variations shown by the different variables that determine the microclimatic and chromatic characteristics of the Altamira Cave, Spain, under natural conditions, i.e. in the absence of visitors to the cave. The Altamira Cave contains 16,000-year-old prehistoric paintings and as such is a priceless legacy from the distant past. Temperatures of the air, floors and roofs, air humidity, and CO₂ concentrations of the different chambers of the cave were measured. Flow rate and chemical composition of the waters flowing into the paintings chamber were also analyzed. A chromatic characterization of the paintings, determining the psychrometric coordinates of the colour, lightness, chroma and hue, was made. This study has not only enabled presentation of the state of conservation of the famous polychrome roof of the Paintings Chamber, but has also supplied a reference point for later studies. Future experiments could be made with various controlled regimes of visitors to the cave in order to establish suitable criteria for the best possible preservation of the cave paintings.

Key word index: Conservation, caves, paintings, environment, colour, chemical.

INTRODUCTION

The Altamira Cave, located at Santillana del Mar, Spain, is a downward-tending cave located in the upper part of a hill which stands at a height of 153.3 m above sea level. Access to the interior is via a single entrance orientated towards the NE, thus making it a cave of the static type (Andrieux, 1977). Figure 1 shows the cave's location in Spain and a map of the cave itself, which has a length of approximately 270 m, together with the names of its different chambers. The largest volume, approximately 2,500 m³, is called the Great Chamber, and is the deepest chamber of the cave. The Hall Chamber was used as a shelter by prehistoric man for thousands of years and contains important archaeological remains. The Paintings Chamber, the roof of which contains the world famous polychromatic paintings which are approximately 16,000 years old, is currently 326 m³ in volume as a result of the various works carried out to protect the paintings.

The cave is situated in the Altamira karst on the western flank of the Santillana del Mar syncline, which is made up of marls and limestone of the Middle-

Upper Cenomanian stage, with a subhorizontal stratification orientated N 10° E. The 20–100 cm thick strata are of compact calcarenites, interspersed with clayey or limolitic layers between 3 and 10 cm thick (Cendrero *et al.*, 1976). The hydrological dynamics of the system depends exclusively on the rainfall which infiltrates directly through the numerous fissures in the rock. The gravitational sinking process which produced the cave stopped before reaching the surface due to a dolomitic stratum which forms the frame for the present roof of the cave.

The quality, and historical and cultural value of the polychrome figures in the cave have led to a constant concern for their conservation. The questions posed by the deterioration of the paintings, due to the massive influx of visitors to the interior of the cave, led to the latter being closed to the public in June 1977. The Ministry of Culture was anxious to discover whether sufficient reasons existed for the cave to remain closed or, on the other hand, under what conditions it could be reopened to the public. With this in mind, our team prepared a Research Project which, over a period of more than two years, between June 1980 and the end of 1983, embraced not only a study of the natural behaviour of the cave, and particularly the Paintings Chamber, the results of which are set out in this paper, but also an analysis of the various perturbations created by the presence of visitors inside the cave.

* Present address for correspondence: Lovelace Inhalation Toxicology Research Institute, P.O. Box 5890, Albuquerque, New Mexico, 87185, U.S.A.

Natural ventilation of the Paintings Room in the Altamira cave

P. L. Fernández*, I. Gutierrez†, L. S. Quindós†, J. Soto† & E. Villar*

* Fundamental Physics Department, Science Faculty, and †Medical Physics Department, Medicine Faculty, University of Santander, 39005 Santander, Spain

The Altamira cave (Santillana del Mar, Santander, Spain) is famous for the ceiling of one of its chambers, the Paintings Room, which is decorated with palaeolithic paintings. However, the massive influx of visitors resulted in deterioration of these rupestrian paintings and the cave was closed in 1977 to determine both the causes and the maximum number of visitors that could visit the cave without putting the paintings at risk¹⁻³. The natural ventilation of the Paintings Room is one of the most important factors in formulating the maximum occupational index for visitors to the cave. The emission of carbon dioxide and water vapour by visitors inside the chamber is directly proportional to the number of visitors and the time spent in the room. By ventilating the room, these components should be removed from the air within a short period of time, thus returning the chamber to the prevailing conditions before visitors were allowed in. We report here variations in the ²²²Rn concentration in the air of the Paintings Room which we use as a quantitative index of the natural ventilation existing in this chamber. We carried out parallel studies of the temperature at different points in the cave and the evolution of the carbon dioxide concentration in the air of the Paintings Room, and hence established the maximum number of people per hour that should be allowed to visit this chamber.

Radon-222 is a noble gas of the radioactive series of ²³⁸U, an element that occurs in rocks in the Earth's crust with a concentration between 2 and 5 p.p.m. (parts per 10⁶). Because of its gaseous nature and its greater concentration within the Earth, radon escapes through the interstices of the soil to the atmosphere, with an exhalation rate of ~1 atom cm⁻² s⁻¹. When this exhalation occurs in places with little ventilation, the radon concentration of the air may be high.

The ²²²Rn concentration of the air of the Altamira cave was measured by scintillation cells with a capacity of 500 cm³, in which a vacuum had been created down to a pressure of 50 torr. These scintillation cells were made of transparent plastic and their internal walls were covered with a film of SZn(Ag). The emission of α radiation by the radon ($t_{1/2} = 3.8$ days) contained in the air filling the cell leads to this radiation falling onto the film of SZn(Ag), where it produces fluorescence. The light thus emitted can be detected using a photomultiplier tube and the pulses produced can be recorded.



Fig. 1 Map of Altamira cave. PR, Paintings Room.

Because two of the short-lived radon daughters, ²¹⁸Po and ²¹⁴Po, are also α emitters, their contribution to the total counting supplied by an air sample increases with time until a radioactive equilibrium is reached between the radon and the two daughters. This equilibrium is reached 3 h after the sample is taken only if, initially, radon gas was present in the air sample. Therefore, to calculate the radon concentration, we carried out a 10-min counting 3 h after the collection of the air sample assuming that there was a radioactive equilibrium between the radon and its daughters. The number of counts obtained from the scintillation cell when empty was subtracted from each measurement resulting from fluorescence of the SZn(Ag).

The ²²²Rn concentration was measured in two chambers within the cave: the Hall chamber, located at the entrance to the cave; and the Paintings Room (see Fig. 1). Measurements were made three times per week over a period of 1 yr between February 1983 and January 1984. From these results, we calculated the monthly average radon concentrations (Table 1).

To calculate the natural ventilation in the Paintings Room from the radon concentrations, we used the simplified model proposed by Wilkening⁴, which is based on the fact that the temporal variation in the radon concentration (C) in the air of this chamber can be expressed as the sum of the production caused by radon exhalation from the rock surfaces, the radioactive decay and the radon losses resulting from the natural ventilation:

$$\frac{dC}{dt} = E \frac{S}{V} - \lambda C - \frac{Q}{V} (C - C_h) \quad (1)$$

where E is the radon exhalation rate, S and V the surface and volume of the Paintings Room, respectively, Q the ventilation rate in this chamber, λ the radon decay constant and C_h the radon concentration in the Hall chamber.

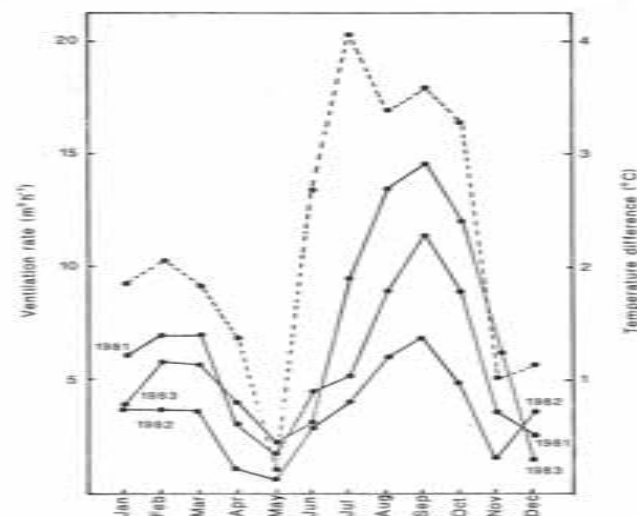


Fig. 2 Variations in the ventilation rate (dashed line) and the temperature differences (solid lines) between the Paintings Room and the Hall chamber.

Evolution of the Radon Concentration in Altamira Cave

Luis S. QUINDOS, Pedro L. FERNANDEZ, Jesus SOTO, Eugenio VILLAR

Department of Physics, University of Santander, Cantabria, Spain

and

Toshikatsu MIKI

Technical College, Yamaguchi University, Ube, 755 Japan

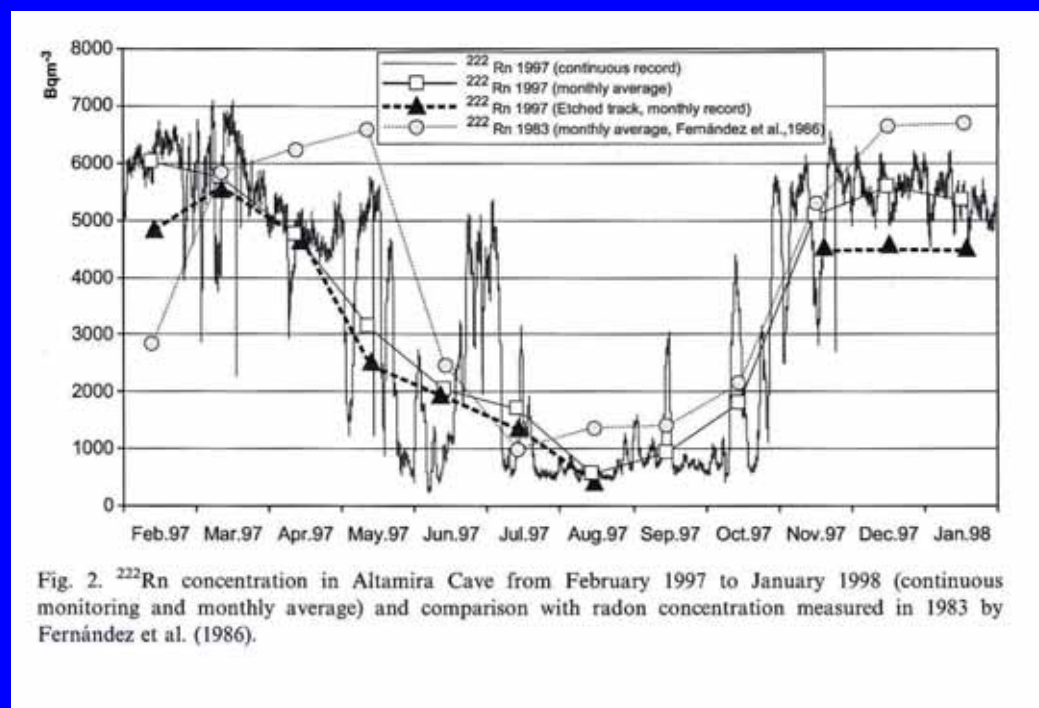
Reprinted from the

JOURNAL OF THE SPELEOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

Volume 13, December 29, 1988

Akiyoshi-dai, Japan





- Co81 Colle R., Rubin R. J., Knab L. I. and Hutchinson J. M. R., 1981, *Radon Transport Through and Exhalation From Building Materials*, National Bureau of Standards, Washington, D.C., TN-1139.
- Ed80 Edwards J. C. and Bates R. C., 1980, "Theoretical Evaluation of Radon Emanation Under a Variety of Conditions," *Health Phys.* **39**, 263-274.
- Ha75 Harrje D. T., Hunt C. M., Treado S. J. and Malek N. J., 1975, *Automated Instrumentation for Air Infiltration Measurement in Buildings*, Center for Energy and Environmental Studies, Princeton University, Princeton, NJ, PU/CEES-13.
- Her82a Hernandez T. L., 1982, *Radon Source Flux Measurement in Residences Using a Two Chamber Ventilation Model*, M.S. Thesis, Center for Energy and Environmental Studies, Princeton University, Princeton, NJ, PU/CEES-133.
- Her82b Hernandez T. L. and Ring J. W., 1982, "Indoor Radon Source Fluxes: Experimental Tests of a Two Chamber Model," *Environ. Int.* **8**, 45-57.
- Hes82 Hess C. T., Weiffenbach C. V., Norton S. A., Brutsaert W. F. and Hess A. L., 1982, "Radon-222 in Potable Water Supplies in Maine: The Geology, Hydrology, Physics, and Health Effects," in: *Natural Radiation Environment* (Edited by K. G. Vohra, V. C. Mishra, K. C. Pillai and S. Sadasivan), *Proc. 2nd Special Symp.*, Bombay, India, January 1981.
- Na80 Nazaroff W. W., Boegel M. L., Hollowell C. D. and Roseme G. D., 1980, *The Use of Mechanical Ventilation With Heat Recovery for Controlling Radon and Radon Daughter Concentrations*, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA, LBL-10222.
- Na81 Nazaroff W. W., Boegel M. L., and Nero A. V., 1981, *Measuring Radon Source Magnitude in Residential Buildings*, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, CA, LBL-12484. *Paper pres. Meeting on Radon and Radon Progeny Measurement*, Montgomery, AL, 27-28 August 1981.
- Sc82 Schery S. D., Gaeddert D. H. and Wilkening M. H., 1982, *Transport of Radon from Fractured Rock*, *J. Geophys. Res.* **87**, 2969-2976.

0017-9078/84 \$3.00 + .00
© 1984 Health Physics Society
Pergamon Press Ltd.

Health Physics Vol. 46, No. 2 (February), pp. 445-447, 1984
Printed in the U.S.A.

Radiation Exposure Levels in Altamira Cave

(Received 7 October 1982; accepted 2 April 1983)

Introduction

RADON is unique among the nuclides in the naturally occurring radioactive series because of its inert gas character. Radon-222 atoms are formed at or near the surface of mineral grains in rocks and soils as the result of the decay of the parent ^{226}Ra atoms. Once formed, the radon atoms are free to diffuse through the interstices between mineral or soil particles where they become a minor constituent of the soil gas.

The concentration of ^{222}Rn in soil capillaries several meters below the earth's surface exceeds that of ordinary outdoor air by a factor of a thousand. Hence, a steady flux of ^{222}Rn atoms from soil to air at the earth-air interfaces and depends on the concentration of the parent ^{226}Ra in the soil and rocks; on the "emanating power" which is the fraction of atoms which escape the mineral grains within or on which they are formed; the porosity of the soil; the degree of water saturation and other meteorological influences.

Radon-222 has been used previously as a tracer in studies of the origin and trajectory of air masses (Ka74) to determine vertical matter diffusion coefficients (Hs80), and as an indicator of the vertical stability of the lower atmosphere (Gu80). More recently, measurements have been used in uranium mines, caves and houses to evaluate the exposure levels for persons under different ventilation conditions (St80; Ab80; Wi76).

In this paper, measurements of ^{222}Rn concentrations are listed in Altamira Cave, with special emphasis on the evaluation of radiation exposure levels. Altamira Cave is located in the village of Santillana del Mar, 30 km from the city of Santander, Spain.

Discovered in 1878, the cave's prehistoric Painting Room attracted more than 1,000 visitors daily between 1970 and 1976. However, because the quality of the pigments began to degenerate, the cave was closed to the public in May 1976.

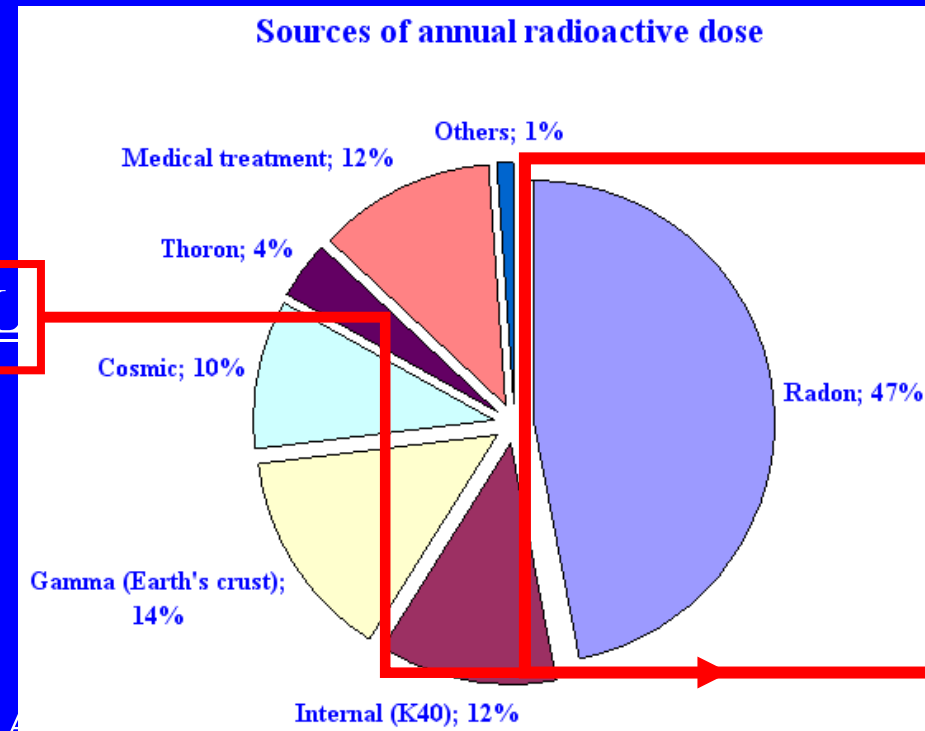
Since 1980, our group has studied the cave's characteristics, in its "natural conditions" without visitors to discover the origin of the pigment degradation and to look for possible solutions.



HOY

Gas RADÓN

- Gas **RADIATIVO NATURAL**
- Gas noble, químicamente inerte
- Vida media: 3.8 días
- Emisor ALFA
- Descendientes: **EMISORES ALFA DE ALTA ENERGÍA**
- agente **CANCERÍGENO**



Datos Ministerio de trabajo y AASS

WHO (IARC): Volume 78 "Some internally deposited radionuclides"

DICCIONARIO TERMAL

AGUA MINEROMEDICINAL. Agua de mineral que tiene propiedades terapéuticas.

AGUA TERMAL. Tipo de agua mineral con elevada mineralización, especialmente en sulfuros.

AGUA BICARBONATADA. Agua mineral con composición similar a la bicarbonatada, pero con un mayor contenido en bicarbonatos.

AGUA CLORURADA. Agua mineral cuya composición principal es el cloruro y el sodio. Hace funcionar más lentamente el estómago y proporciona, si el momento aún no está muy avanzado en el curso de la dermatología.

AGUA OROGUMIFERA. Agua mineral de muy difícil mineralización.

AGUA RADIACTIVA. Tiene que ver con las grandes propiedades sedantes, aunque el nombre de estas aguas puede asustar a los no iniciados, nada tiene que ver esta agua con los efectos perniciosos de la radiactividad nuclear, todo lo contrario.

AGUA SULFURADA. Agua mineral en la que predomina el azufre. Se emplea para trastornos respiratorios y dermatológicos. Tiene un olor característico a huevos podridos.

AEROSOL. Aparato que transforma el agua en nebulas para que pueda ser respirada.

ALJIBE. Tratamiento con aguas sulfatadas en forma de aljibe para localizarse.

BAÑERACIÓN. Administración de baños de agua para el tratamiento de sus enfermedades.

BAÑO DE BURBUJAS. Se aplica en bañeros subterráneos, subterráneos a temperatura del agua hasta la presión que el análisis del balneario o durante el tiempo recomendado. En términos generales, se incorpora generadores de burbujas de aire y vapor. Acción desinfectante y sedante.

BAÑO DE HIDROMASAJE. Con el paciente totalmente sumergido, se le somete a aplicaciones de burbujas de aire y jets de agua de alta presión con el fin de hacer tratamientos de máxima intensidad.

BAÑO TERMO o HAMMAN. Baño de vapor con humedad relativa del 80-95% y temperatura de 40°C. Estimula la circulación. Tiene una humedad en profundidad de la piel (mayor hidratación en subconjuntivo, dermis y epidermis). A sus propiedades parafinales, se suman las propias del agua mineralizada utilizada.

BAÑO ROMANO. Se el cloro y sodio a temperatura de ebullición.

BAÑO SUBTERRMIO DE AGUAS o PLANTAS. Con mucha similitud a la acción, se incorporan en el baño, los extractos de plantas o algas indicados en cada caso particular.

CAMA DE GIMNASIA PASIVA o KESTER. Se trata de un tipo de cama para personas con grandes incapacidades de movilidad. Son sus muelles cada vez más por personas que, por falta de tiempo o dedicación, no pueden acudir a gimnasia o a terapia deportiva. Sus alturas dependen de la cama que está usando. También llamadas camas de gimnasia pasiva, puesto que las inclinaciones y aperturas son realizadas automáticamente por la misma. El paciente sólo se deja llevar.

CRIONOTERAPIA. Tratamiento de las enfermedades con agua mineralizada.

GIMNASIO. Aparato que sirve para la práctica de variados ejercicios de estiramiento o refuerzo muscular.

GIMNASIO DE MANTENIMIENTO. Tipo de cama de gimnasia de rehabilitación y mantenimiento para las personas con enfermedades crónicas. Se consiguen de estiramiento como "break change" después.

HIDROMASAJE. Consiste en masaje con el agua mineralizada dirigida por personal capacitado, en proceso y que algunas de ellas disponen de aparatos de Punción. Indicado sobre todo para el dolor.

PILOTONES. Son los ejercicios de baño, baños subterráneos.

PARAFANOSIS. Son ejercicios de higiene personal con propiedades medicinales y parafanas de origen parafinadas en sus acciones y propiedades, provocando la acción parafinada en diversos momentos y ambientes.

PARAFANOSIS. Se aplica haciendo la extensión adecuada a las propiedades de la parafina dentro de ciertos períodos de tiempo. Los efectos son derivados de la experiencia.

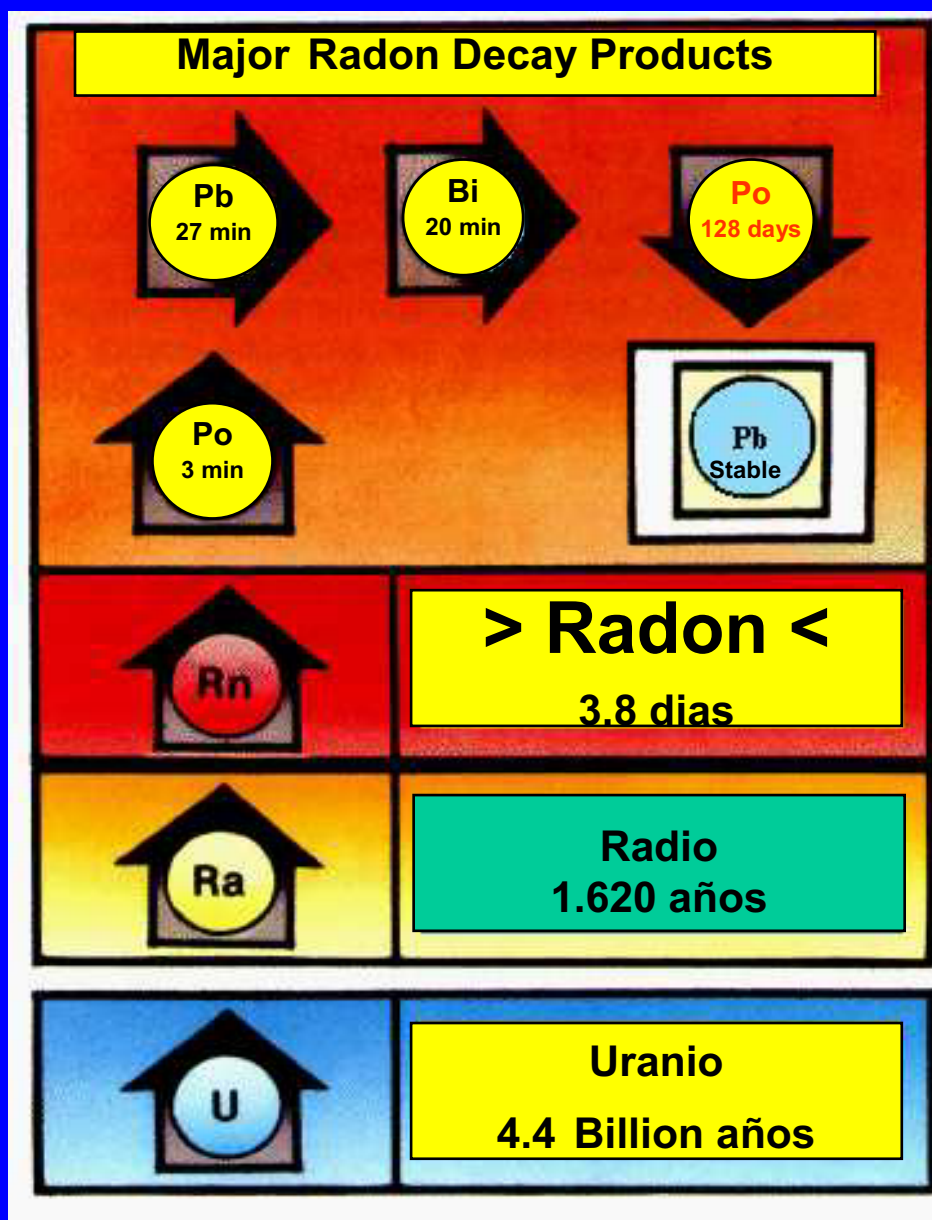
AGUA RADIACTIVA: Tiene gas radón con grandes propiedades sedantes. Aunque el nombre de estas aguas puede asustar a los no iniciados, nada tiene que ver esta agua con los efectos perniciosos de la radiactividad nuclear, todo lo contrario.

110

Procedencia gas radón



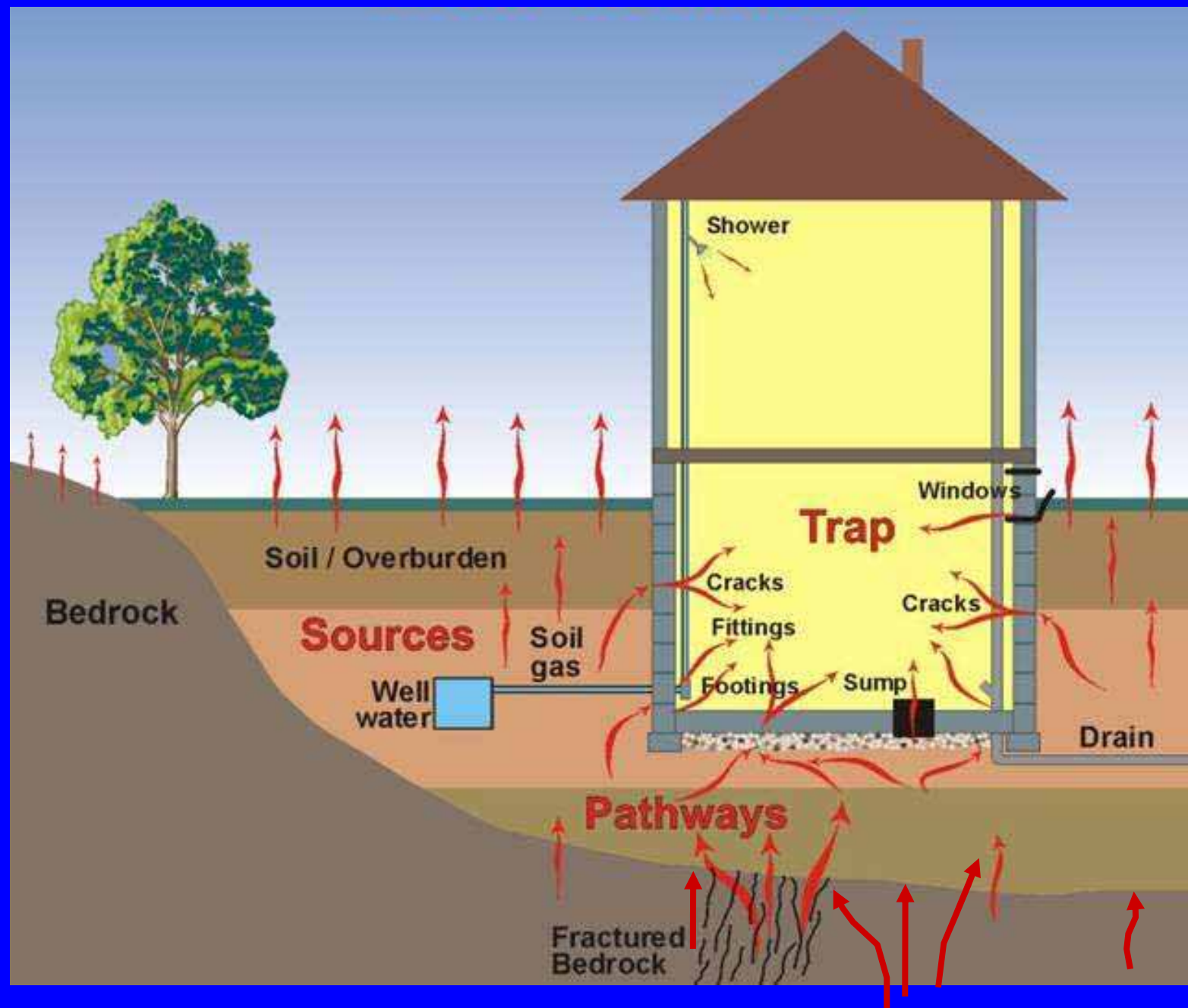
Cadena de desintegración del ^{238}U



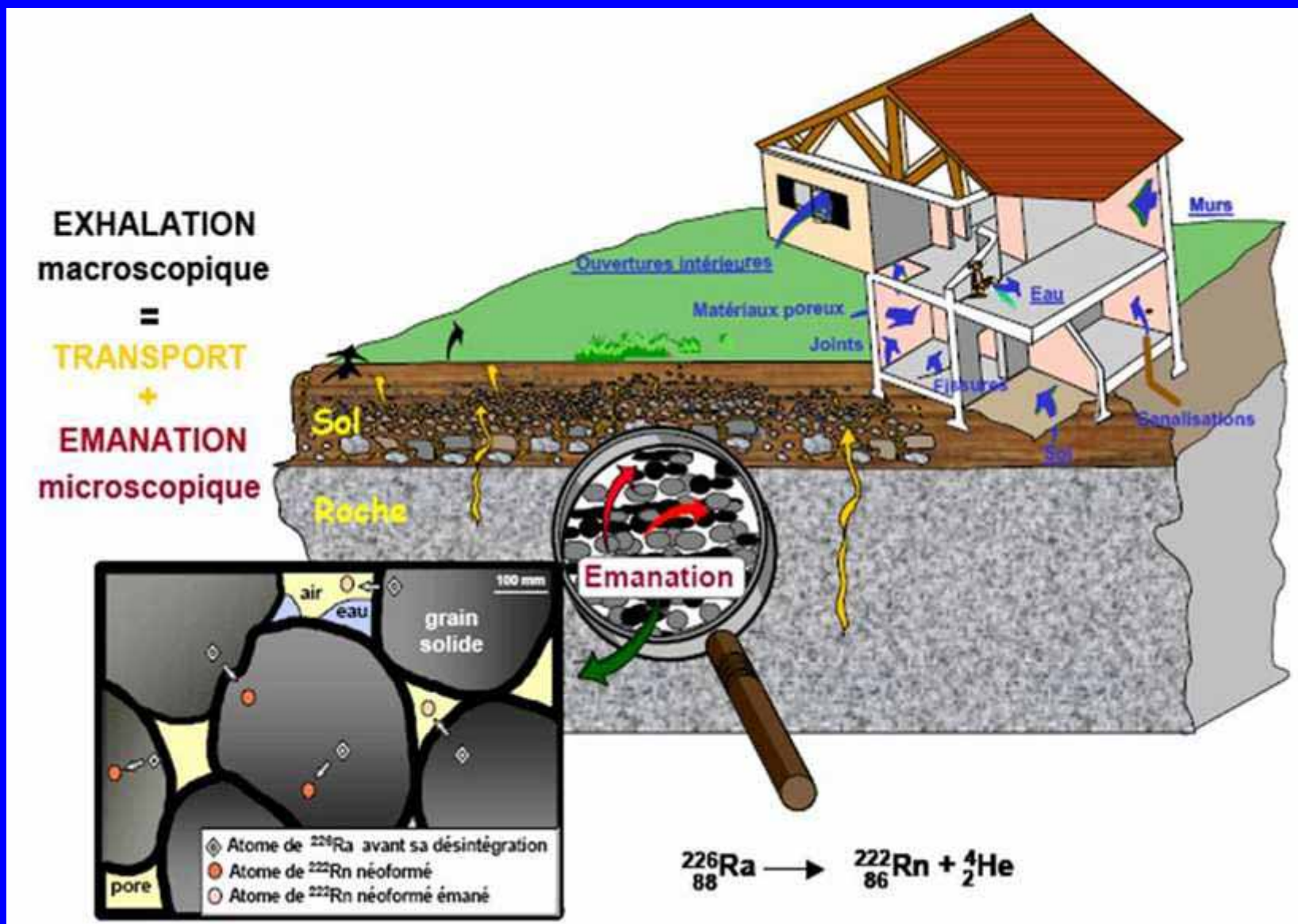
Radon DESCENDIENTES
(Solidos)

Radon Gas

FUENTE
(SOLIDOS)

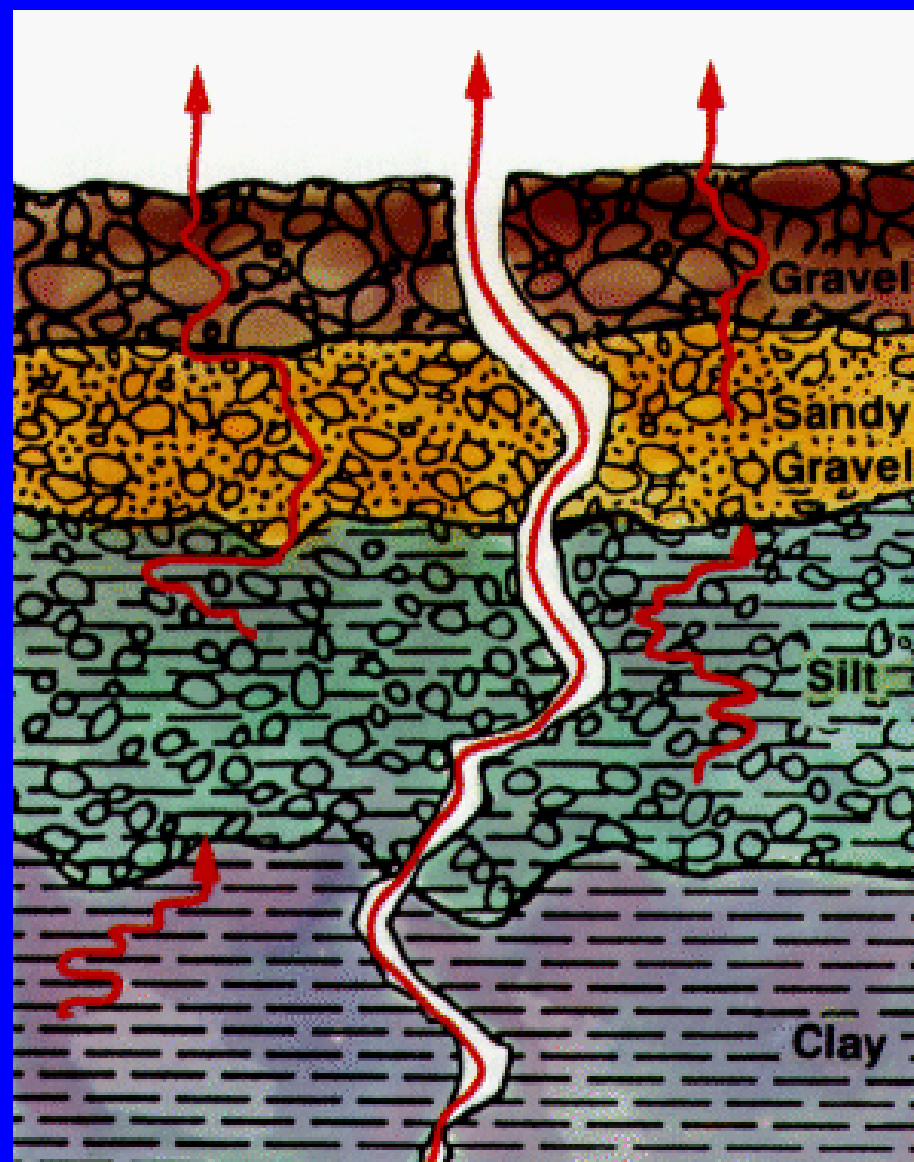


Geologia y Radon

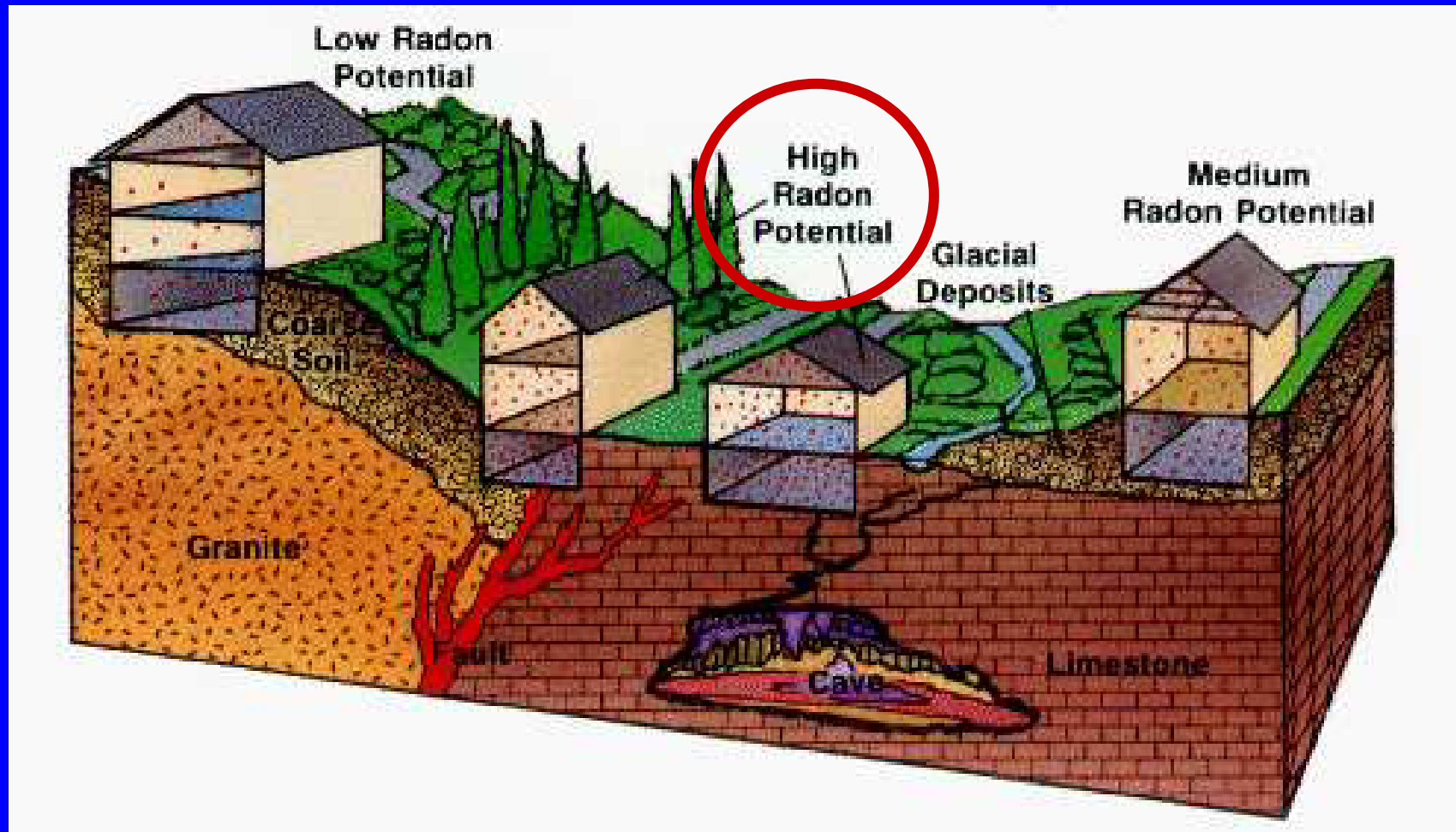


Radon's Movement

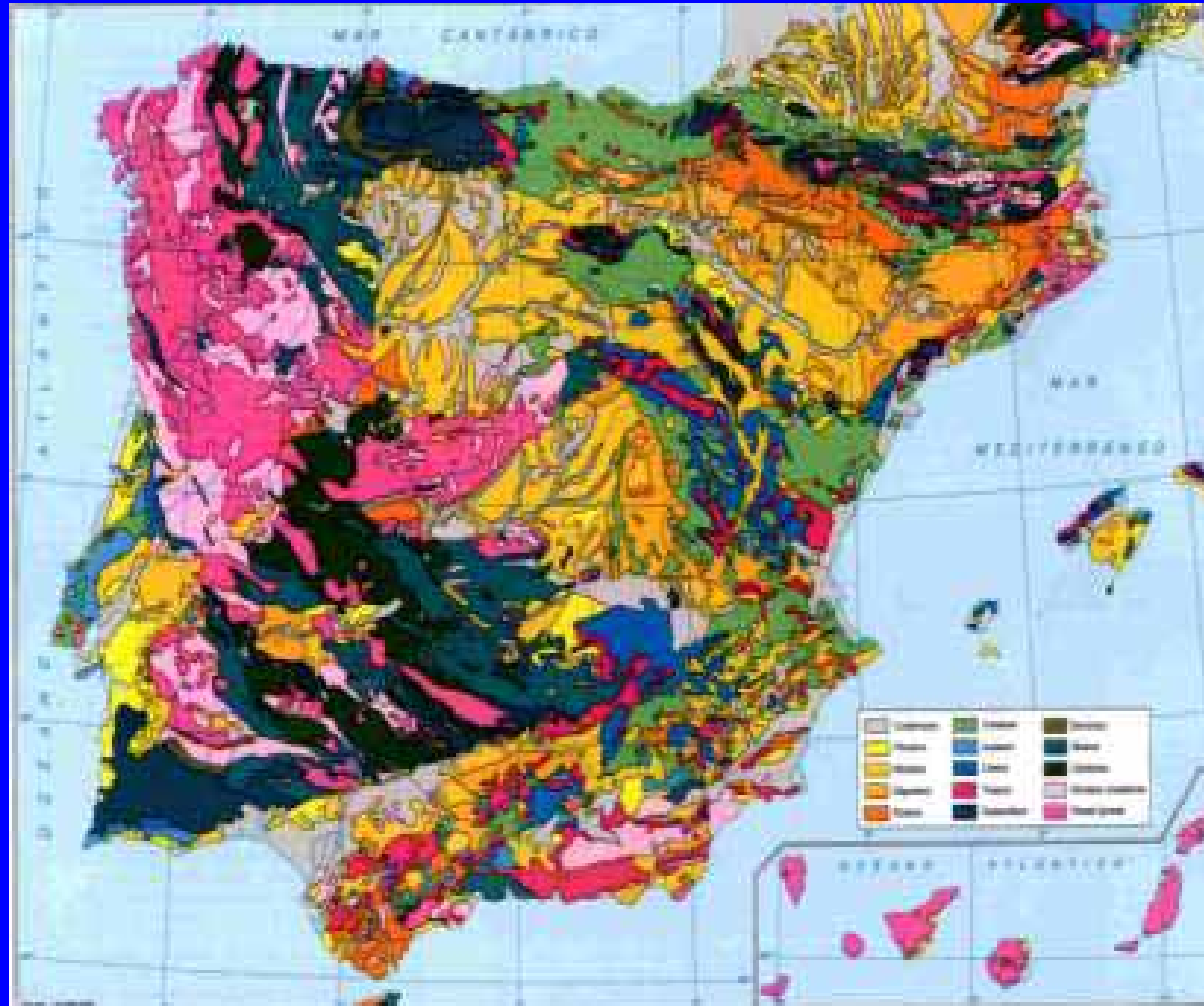
- Radon can easily migrate in soil and specially in fractures
- The most important factors: porosity, permeability and soil moisture



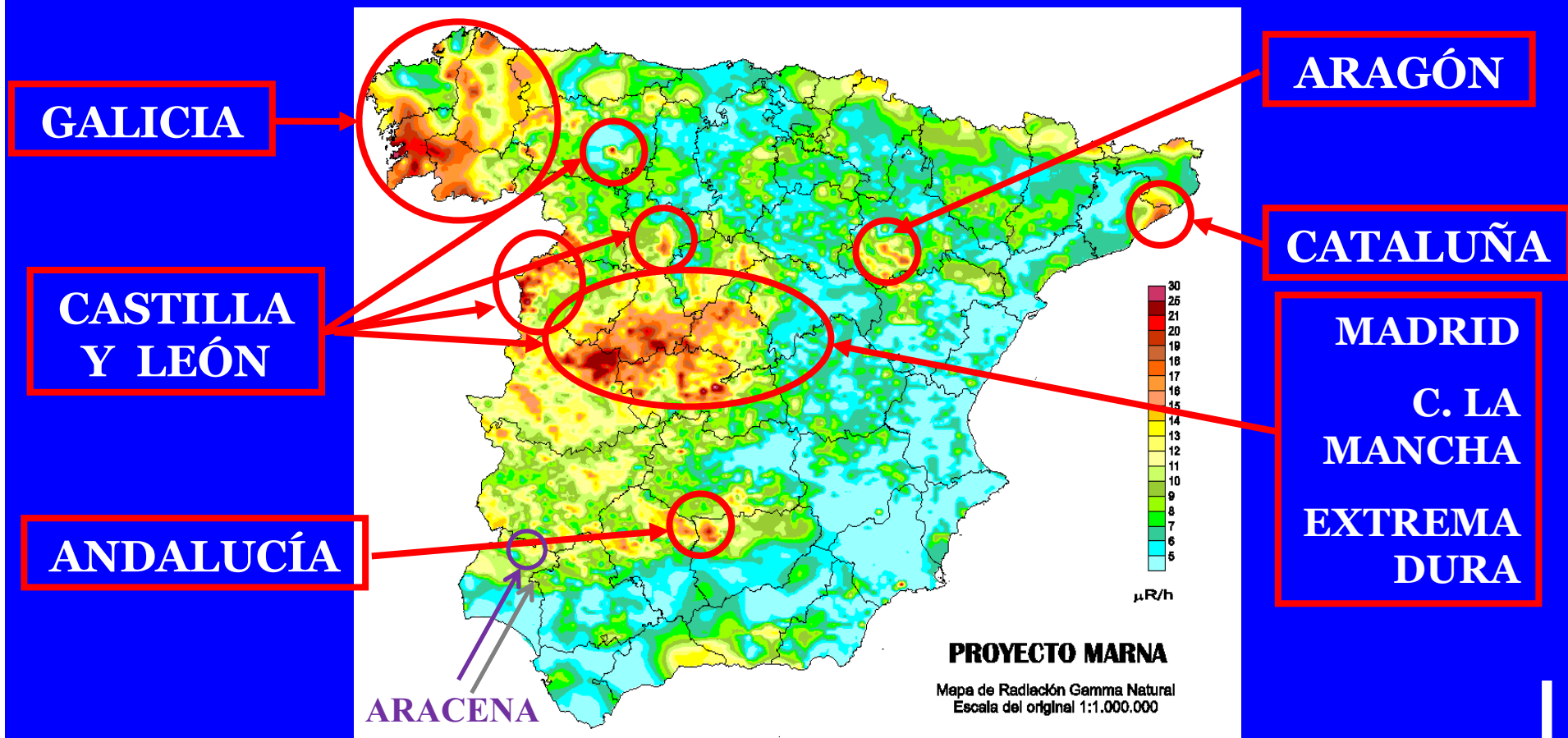
Effect of Local Geologic Conditions



MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA



MARNA: Radiactividad NATURAL en España



European Council Directive 96/29 EURATOM

- Reduction of dose limit:
50mSv/a --> 20 mSv/a
- Monitoring of exposures from
natural sources

*BOE 178 DE 26 DE JULIO DE 2001
(EN FASE DE MODIFICACION)*

TÍTULO VII del R.D. 783/2001 de 6 de julio por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

TÍTULO VII

Fuentes naturales de radiación

CAPÍTULO ÚNICO

Incremento significativo de la exposición de los miembros del público a fuentes naturales de radiación

Artículo 62. Aplicación.

1. La autoridad competente, con el asesoramiento del Consejo de Seguridad Nuclear, requerirá a los titulares de las actividades laborales, no reguladas en el apartado 1 del artículo 2, en las que existan fuentes naturales de radiación, que realicen los estudios necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o miembros del público que no pueda considerarse

BOE núm. 178

Jueves 26 julio 2001

preciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

Entre las actividades que deben ser sometidas a dicha revisión se incluyen las siguientes:

a) Actividades laborales en que los trabajadores y, en su caso, los miembros del público estén expuestos a la inhalación de descendientes de torón o de radón o a la radiación gamma o a cualquier otra exposición en lugares de trabajo tales como establecimientos termales, cuevas, minas, lugares de trabajo subterráneos o no subterráneos en áreas identificadas.

b) Actividades laborales que impliquen el almacenamiento o la manipulación de materiales que habitualmente no se consideran radiactivos pero que contengan radionucleidos naturales que provoquen un incremento significativo de la exposición de los trabajadores y, en su caso, de miembros del público.

c) Actividades laborales que generen residuos que habitualmente no se consideran radiactivos pero que contengan radionucleidos naturales que provoquen un incremento significativo en la exposición de los miembros del público y, en su caso, de los trabajadores.

d) Actividades laborales que impliquen exposición a la radiación cósmica durante la operación de aeronaves.

2. Los estudios a los que se refiere el apartado 1 se realizarán siguiendo las instrucciones dadas por la autoridad competente, las cuales estarán sujetas a las orientaciones que el Consejo de Seguridad Nuclear establezca.

Régimen

Artículo 6

1. Toda actividad que se menciona en el apartado 1 del artículo 2, en las que existan fuentes naturales de radiación, que realicen los estudios necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o miembros del público que no pueda considerarse

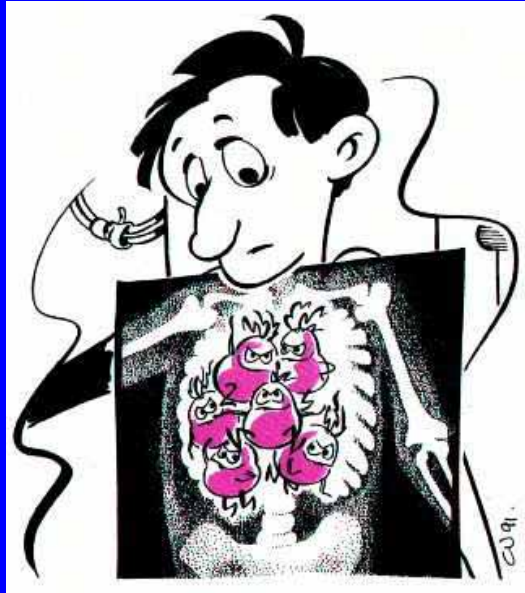
2. Se requerirá a los titulares de las actividades laborales, no reguladas en el apartado 1 del artículo 2, en las que existan fuentes naturales de radiación, que realicen los estudios necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o miembros del público que no pueda considerarse

3. El presente artículo entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

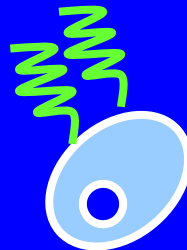
4. Los delitos previstos en el artículo 20 del Código Penal, en materia de radiaciones ionizantes, serán de competencia de la jurisdicción penal ordinaria.

Artículo 6

Radon health risks



Radon inhalation (and progeny) causes alpha irradiation in the cells of the respiratory tract



Mutations, malignant transformation
Lung cancer risk

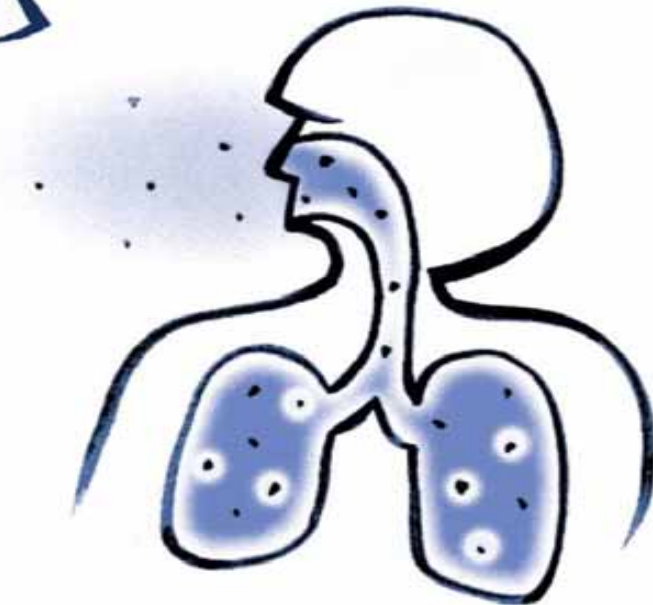
Two ways for risk assessment

- Epidemiology
- Dosimetry



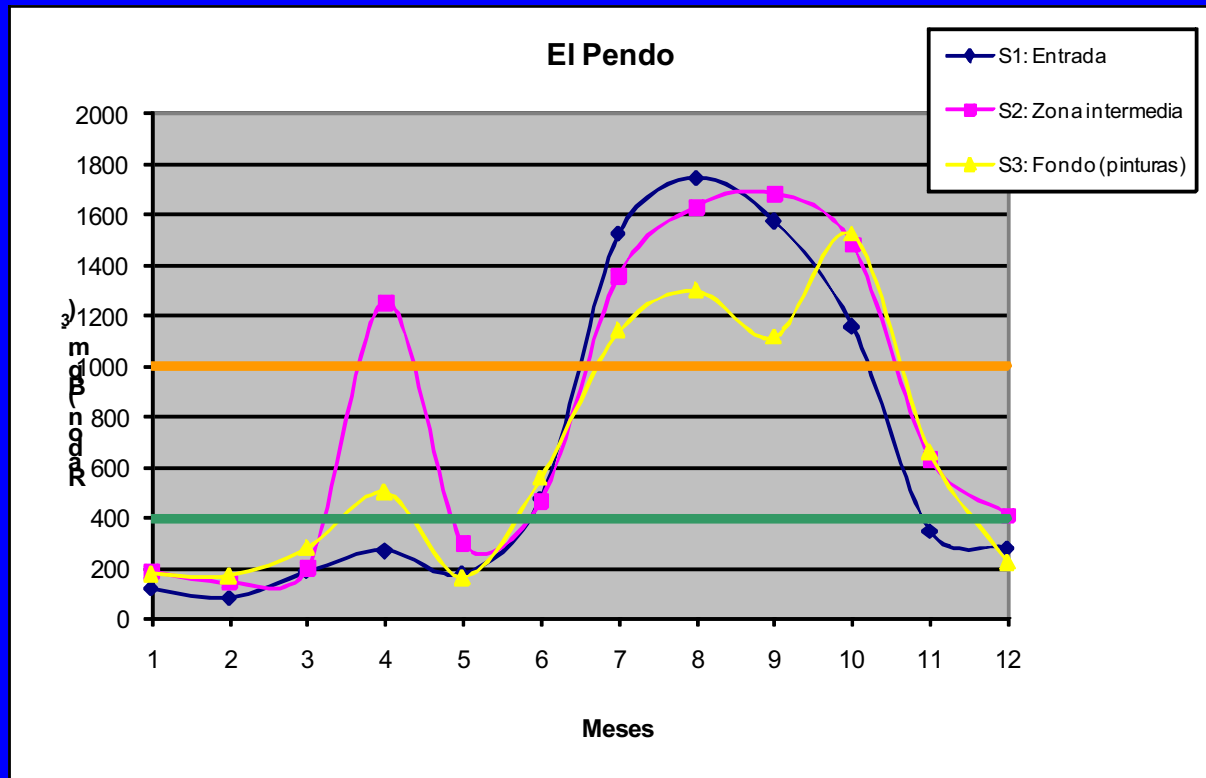
WHO HANDBOOK ON INDOOR RADON

A PUBLIC HEALTH PERSPECTIVE

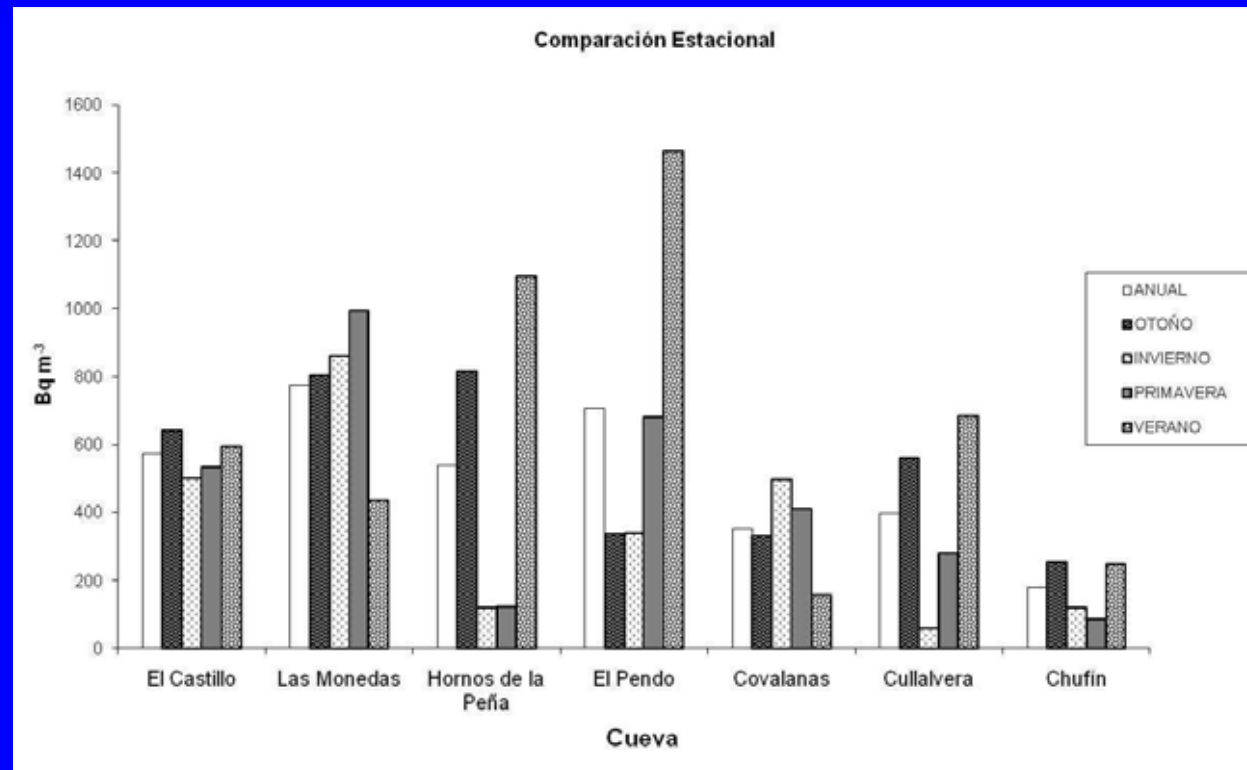


19th National Radon Training Conference
Sept. 20 - 23, 2009 in St. Louis, Missouri

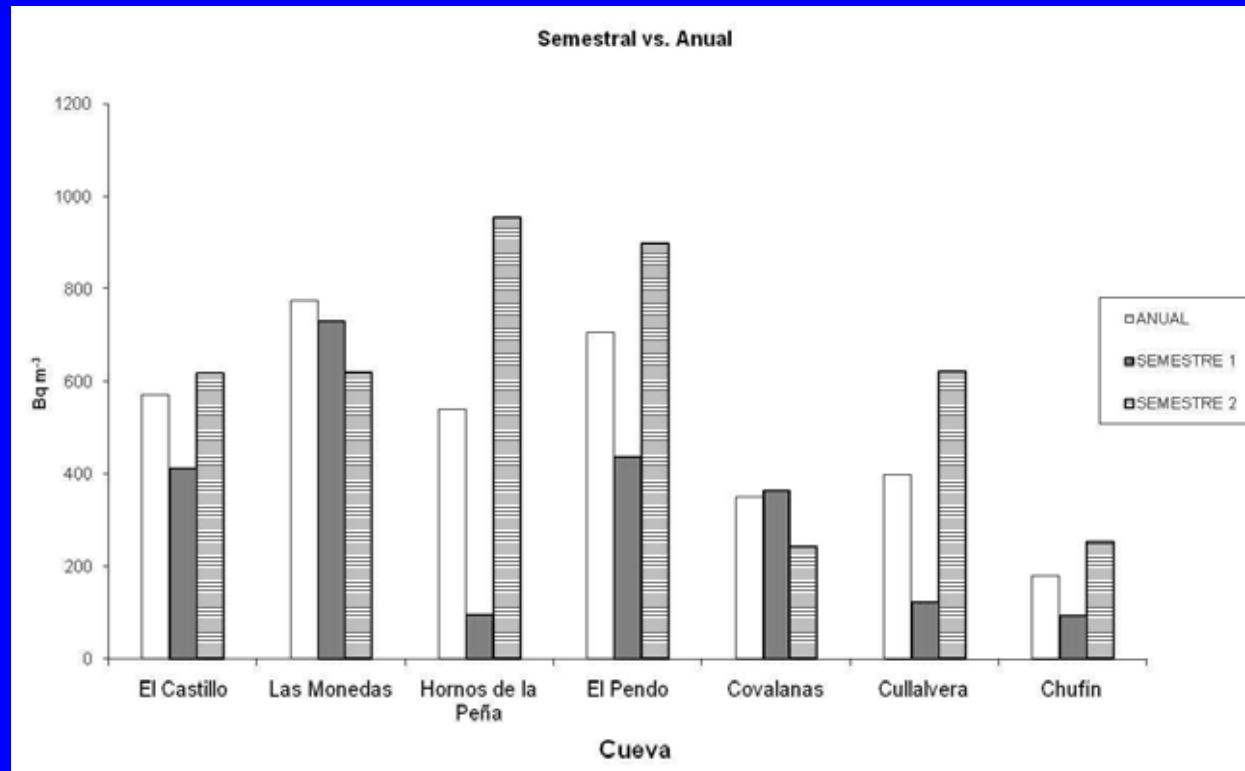
*Variación mensual de la
concentración de radón en varios
sectores de la cueva de El Pendo*



Comparativa de la concentración de radón estacional y anual para cada cueva estudiada



Diferencia en la concentración de radón anual y semestral





Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Atmospheric Environment 40 (2006) 7395–7400

ATMOSPHERIC
ENVIRONMENT

www.elsevier.com/locate/atmosenv

High ^{222}Rn levels in a show cave (Castañar de Ibor, Spain): Proposal and application of management measures to minimize the effects on guides and visitors

J. Lario^{a,*}, S. Sánchez-Moral^b, S. Cuezva^b, M. Taborda^b, V. Soler^c

^aFacultad de Ciencias, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), c/ Senda del Rey, 9, 28040 Madrid, Spain

^bDep. Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), c/ José Gutiérrez Abascal, 2 28006 Madrid, Spain

^cInstituto de Productos Naturales y Agrobiología, CSIC, Avda. Astrofísico Fco. Sánchez, La Laguna, Tenerife, Spain

Received 8 March 2006; received in revised form 27 June 2006; accepted 29 June 2006

Abstract

Castañar de Ibor (Caceres, Spain) is a low energy cave showing very high micro-environmental stability throughout the annual cycle and minimum rates of energy exchange with the atmosphere. The radon (^{222}Rn) levels monitored inside Castañar cave reached $50,462 \text{ Bq m}^{-3}$ in April 2005 and had an annual average of $32,246 \text{ Bq m}^{-3}$. Annual variations in Rn concentration seem mainly related to differences in internal and external temperature. The highest values of ^{222}Rn concentration occur during winter and early spring when air-cave temperature surpasses the external air temperature, evidencing very low air exchange rate. These values are the highest recorded in any Spanish cave, either natural or show, and are much higher than the average in most caves around the world. The calculation of the effective dose received by guides during 2004 showed values higher than the maximum effective dose recommended by authorities. Two management measurements were applied to reduce these doses: reduction of the time of visit to a maximum of 60 min, and opening the cave door 1 hour before the entrance of the guides and visitors. These management measures were effective, as they led to a decrease of 10–12% in ^{222}Rn in the cave atmosphere during visits and prevented the guides from being exposed to higher than recommended doses of radiation.

© 2006 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Radon monitoring at highly radioactive locations such as underground mines or caves is important to assess the radiological hazards to on-site workers and occasional visitors. Previous research has investigated radon concentrations in underground environments and studied health implications for

users (Duffy et al., 1996; Haki et al., 1997; Dueñas et al., 1999; Gillmore et al., 2000, 2001, 2002; Sperrin et al., 2000; Solomon, 2001; Lario et al., 2005). Radon levels in karstic systems depend on a complex interrelation of several factors, both external and internal (Kies et al., 1997): outside-inside temperature differences, wind velocity, atmospheric pressure variations, humidity, karstic geomorphology, porosity and radium content of the sediments and rocks. The complex dynamics of radon in natural underground atmospheres makes

*Corresponding author. Tel.: +34913987879.
E-mail address: javier.lario@ccia.uned.es (J. Lario).

**CUEVA &
SPA**

Puntos de interés
Exposición Trabajadores

Medidas
MENSUALES

Informe: - Conclusiones

- Decisiones: - Acciones mecánicas
- Restricciones horarias
- Dosimetría personal

≈ 60 € / medida (+IVA + transporte)

Comienzo: 1-Enero-2011

quindosl@unican.es

ismaelfm@raducan.es

3. INFORME SOBRE INSTALACIONES RADIATIVAS.

La Secretaría General presenta a la consideración del Consejo las propuestas de informe favorable a autorizaciones realizadas por la Dirección Técnica de Protección Radiológica (DPR).

A. Propuesta de la Dirección Técnica de Protección Radiológica (DPR):

- CSN/IEV/MO-18/IRA-1108/07 Autorización de Modificación
Applus Norcontrol S.L.U.

El Pleno del Consejo **ACUERDA** informar favorablemente la propuesta (1) de autorización en los términos presentados.

4. PROPUESTA DE CRITERIOS PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA FRENTE A LA EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN NATURAL.

La Secretaría General presenta a la consideración del Consejo la propuesta de la Dirección Técnica de Protección Radiológica (DPR) relativa a la aprobación de los criterios para la protección radiológica frente a la exposición a la radiación natural.

En el Pleno de 20-06-2007 la Secretaría General presentó la propuesta de la DPR para información del Consejo, acordándose que se realizara una presentación por parte de la DPR, que tuvo lugar el 19-10-2007.

El informe de la DPR describe los estudios y análisis realizados y propone criterios para la protección radiológica frente a la exposición natural sobre los siguientes aspectos:

- Actividades laborales que deberían ser objeto de estudio y contenido de tales estudios.
- Valores de dosis a los trabajadores cuya superación requeriría el establecimiento de dispositivos de vigilancia de las exposiciones o la aplicación de acciones correctoras.
- Concentraciones de radón en lugares de trabajo y viviendas que requerirían la adopción de medidas correctoras o dispositivos de vigilancia.
- Criterios sobre la aplicación total o parcial de los títulos del Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI) citados en el Título VII, una vez que los resultados de los estudios demuestren que se han superado los niveles de dosis establecidos.
- Actuaciones relacionadas con el control de la gestión de residuos.

Si bien el RPSRI, al igual que la Directiva 96/29/EURATOM que traspone, excluye las exposiciones a radón en viviendas, se han incluido criterios al respecto, considerando las recomendaciones de la Unión Europea.

Todas las propuestas, salvo las relativas a las concentraciones de radón en viviendas, que formarán parte del Código Técnico de la Edificación, y al control

de la gestión de residuos radiactivos, que es competencia del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, se prevé que sean consolidadas por el CSN, en el futuro, en forma de Instrucción del Consejo desarrollada posteriormente en guías, de acuerdo con el informe realizado por la Asesoría Jurídica del CSN.

Adicionalmente, y a fin de solventar la dificultad de que las autoridades competentes requieran, a los titulares de los lugares de trabajo en los que hay incrementos significativos de la exposición a fuentes naturales de radiación que no pueda considerarse despreciables desde el punto de vista de la protección radiológica, los estudios necesarios para aplicar las medidas de protección adecuadas, conforme a lo requerido por el Título VII del RPSRI, se considera necesaria la modificación de dicho Título VII de modo que se obligue directamente a los titulares de los mencionados lugares de trabajo, a realizar dichos estudios.

En tanto no se modifica el RPSRI, se considera necesario remitir un escrito a las autoridades competentes en el Título VII del RPSRI con los criterios propuestos una vez que sean aprobados.

El Pleno del Consejo **ACUERDA** aprobar los criterios para la protección radiológica frente a la exposición a la radiación natural, en los términos propuestos por la DPR.

Adicionalmente, el Pleno **ACUERDA** la remisión de la propuesta de modificación del RPSRI de 2001 a la Comisión de Normativa.

Asimismo, **ACUERDA** establecer una interlocución, al nivel adecuado, con las Comunidades Autónomas para optimizar la implementación de los criterios fijados por el Consejo.

5. GUÍAS DE SEGURIDAD E INSTRUCCIONES DEL CSN.

5.1 Propuesta de Guía de Seguridad GS-1.18 "Medida de la eficacia del mantenimiento en CCNN". Borrador 2.

La Secretaría General presenta a la consideración del Consejo la propuesta de la Oficina de Normas Técnicas (OFNT) relativa a la aprobación de la Guía del CSN GS-1.18 sobre "Medida de la eficacia del mantenimiento en centrales nucleares" (Borrador 2).

La Guía de Seguridad tiene por objeto el establecimiento de una metodología aceptable para el cumplimiento con la Instrucción del Consejo relativa a los requisitos para la vigilancia de la eficacia del mantenimiento en CCNN (punto 5.2 del orden del día). Tanto la Instrucción del Consejo como la Guía de Seguridad forman parte del plan de trabajo normativo a desarrollar para armonizar los requisitos reguladores de WENRA.

- Resolución de 15-10-2007: Apercibimiento a RX/0 -1167.
- Resolución de 15-10-2007: Apercibimiento a RX/0 -1693.

19. INFORME DE LOS DIRECTORES TÉCNICOS.

En cumplimiento de lo solicitado por el Pleno del Consejo, se solicita la presencia de los Directores Técnicos de Seguridad Nuclear y de Protección Radiológica, para informarles de los asuntos analizados y aprobados en la presente reunión. Los Directores Técnicos, por su parte, informan al Consejo sobre los asuntos más relevantes relacionados con sus respectivos ámbitos de competencia.

20. RUEGOS Y PREGUNTAS.

En esta reunión del Pleno no se ha efectuado ningún ruego ni pregunta.

Y no habiendo más asuntos que tratar, se levanta la sesión siendo las catorce horas y cinco minutos del día treinta y uno de octubre de dos mil siete.

LA SECRETARIA

V^oB^o

LA PRESIDENTA

ANEXO

**CRITERIOS PARA LA PROTECCIÓN RADIOLOGICA FRENTE A LA
EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN NATURAL.**

Los criterios para la protección radiológica frente a la exposición a la radiación natural se indican a continuación y comprenden los siguientes aspectos:

1. Actividades laborales que deberían ser objeto de estudio
2. Contenido que deberían tener estos estudios
3. Valores de dosis a los trabajadores cuya superación requeriría el establecimiento de dispositivos de vigilancia de las exposiciones o la aplicación de acciones correctoras.
4. Concentraciones de radón en lugares de trabajo que requerirían la adopción de medidas correctoras o dispositivos de vigilancia.
5. Concentraciones de radón en viviendas que requerirían la adopción de medidas correctoras o dispositivos de vigilancia.
6. Criterios sobre la aplicación total o parcial de los títulos del RPSRI citados en el título VII, una vez que los resultados de los estudios demuestren que se han superado los niveles de dosis establecidos.
7. Gestión de residuos.
8. Niveles de desclasificación/exención

1. **ACTIVIDADES LABORALES**

Las actividades laborales cuyos titulares deberían realizar los estudios requeridos por el RPSRI son las que se llevan a cabo en los lugares de trabajo siguientes:

1. Establecimientos termales
2. Cuevas y galerías
3. Instalaciones donde se almacenen y traten aguas de origen subterráneo.
4. Minas distintas de las de uranio
5. Lugares de trabajo subterráneos o no subterráneos en áreas identificadas por sus valores elevados de radón.
6. Extracción de tierras raras.
7. Producción y utilización del torio y sus compuestos.
8. Producción de niobio y ferro-niobio.
9. Producción de gas y petróleo.
10. Fabricación y utilización de pigmentos de dióxido de titanio.
11. Industria del fosfato.
12. Industria del zirconio.
13. Producción de estaño, cobre, aluminio, hierro, acero, cinc y plomo.
14. Combustión de carbón.

Los lugares de trabajo listados con la numeración de 1 a 5 son aquellos en los que se producen exposiciones al radón.

El resto de lugares de trabajo, hasta el indicado con el número 14, tienen asociadas actividades laborales que implican el almacenamiento, la manipulación de materiales o la generación de residuos que habitualmente no se consideran radiactivos pero que contienen radionucleidos naturales que podrían provocar un incremento significativo de la exposición de los trabajadores y, en su caso, de los miembros del público.

2. CONTENIDO DE LOS ESTUDIOS

Los estudios, requeridos por el artículo 62 del RPSRI, que deben remitirse al CSN por la autoridad competente, deben contener la información que se indica a continuación.

ACTIVIDADES LABORALES EN LAS QUE SE PRODUCEN EXPOSICIONES AL RADÓN

Los estudios a realizar deberían incluir la información siguiente:

1. Localización y descripción de la instalación.
2. Medidas de concentración de radón realizadas y sus resultados, con planos indicando la colocación de los equipos de medida.
3. Descripción de los puestos de trabajo y tiempos de permanencia en ellos.
4. Acciones correctoras previstas o adoptadas cuando los resultados de las medidas estén por encima de los niveles de actuación establecidos.

PROCESOS INDUSTRIALES CON RADIONUCLEIDOS NATURALES DISTINTOS DEL RADÓN

Los estudios a realizar deberían incluir la información siguiente:

Descripción del emplazamiento, productos y procesos

1. Localización de la instalación.
2. Origen, cantidades, formas físicas y químicas y características radiológicas de las materias primas utilizadas o almacenadas, susceptibles de contener radionucleidos naturales.
3. Descripción de los procesos de fabricación que utilizan esas materias primas.
4. Formas físicas y químicas y características radiológicas de los productos intermedios y finales en las diferentes etapas de fabricación, incluidos los residuos producidos, con indicación de su origen.
5. En su caso, modalidades de almacenamiento del producto final antes de su puesta en el mercado.
6. Cantidades y características radiológicas de los residuos sólidos y de los efluentes líquidos o gaseosos producidos y, en su caso, descripción de los procesos de tratamiento y depósito antes de su eliminación.
7. Vías establecidas para la eliminación, reciclado o reutilización de los residuos generados y de los efluentes líquidos y gaseosos.

8. Usos del suelo en los alrededores de la instalación.

Caracterización radiológica

La caracterización radiológica debe incluir la de las materias primas, productos intermedios, productos finales, residuos sólidos y efluentes, para medir fundamentalmente el K-40 y los isótopos radiactivos de las cadenas de U-238, Th-232 y U-235.

Identificación de zonas de exposición y puestos de trabajo

Se deben describir las zonas y puestos de trabajo donde los trabajadores pueden estar expuestos a las radiaciones ionizantes.

Para cada zona de trabajo se debe indicar la situación, la forma física y las geometrías de los materiales radiactivos, así como la concentración de polvo.

El estudio debe indicar las vías de exposición potencial de los trabajadores, fundamentalmente la exposición por irradiación externa, por inhalación de polvo y por inhalación de radón y los distintos escenarios que llevan a estas exposiciones. Así mismo se deben describir las operaciones efectuadas, el número de personas afectadas y, en su caso, las medidas de protección utilizadas. Debe también indicarse el caso de que alguna situación accidental sea susceptible de aumentar la exposición de los trabajadores.

Evaluación de dosis

El titular de un establecimiento en que se lleven a cabo actividades con presencia de radionucleidos naturales debe realizar una evaluación de las dosis recibidas por los trabajadores y el público, salvo en el caso de que un estudio asociado a la actividad excluya todo riesgo de exposición significativa.

El estudio debe incluir la evaluación de las dosis efectivas de los puestos de trabajo anteriormente identificados, teniendo en cuenta los tiempos de permanencia. La evaluación de las dosis se puede hacer mediante estimaciones, completadas con medidas "in situ".

La evaluación de las dosis recibidas por los trabajadores puede basarse en una evaluación previa realizada por una instalación análoga. En ese caso, se debe justificar la similitud de los parámetros de exposición de los trabajadores con los de la instalación análoga.

También se considera aceptable hacer una estimación de dosis inicial basada en valores indicativos calculados a partir de las caracterizaciones radiológicas de los materiales presentes en la industria correspondiente, de acuerdo con recomendaciones de la Unión Europea o el OIEA sobre estimación de la necesidad de medidas de protección radiológica en lugares de trabajo con minerales y materias primas.

Los responsables de estas industrias deben realizar también una estimación de las dosis al público, para lo que se debe disponer de información sobre los usos del suelo en los alrededores de la industria, los efluentes líquidos y gaseosos, los residuos sólidos producidos, la caracterización radiológica de los efluentes y los residuos sólidos y las distintas vías de exposición.

En la evaluación de las dosis a los miembros del público, se deben identificar los grupos de población seleccionados para realizar la evaluación, y, en su caso, los resultados de la vigilancia implantada.

La evaluación de estas dosis puede basarse en un estudio de impacto radiológico realizado para una instalación análoga o en un estudio genérico, en cuyo caso se deberá justificar que los resultados son aplicables a la instalación.

Valoración de resultados y medidas a adoptar

Se incluirá una valoración de los resultados de la evaluación de dosis, describiendo, en su caso, las acciones correctoras previstas o existentes para reducir las exposiciones, y, de acuerdo con los resultados de la evaluación, se indicarán las medidas a adoptar desde el punto de vista de protección radiológica de los trabajadores y del público, incluyendo la gestión de residuos.

Si la caracterización radiológica de los materiales con presencia de radionucleidos naturales en cualquier etapa del proceso que se lleva a cabo da unos resultados de valores de concentración de radionucleidos inferiores a los de exención, para radionucleidos individualmente considerados o para la mezcla de éstos, indicados en el apartado 8 de este anexo, se considera que no es necesario llevar a cabo medidas ni estudios adicionales, ya que estos valores suponen unas dosis a los trabajadores y al público inferiores a 300 $\mu\text{Sv/a}$.

3. DOSIS A LOS TRABAJADORES

Los criterios radiológicos, en términos de dosis efectiva a los trabajadores en condiciones de trabajo normales, que tienen por objeto servir como umbral de referencia para las actuaciones indicadas en el artículo 63 del RPSRI, deben ser los siguientes:

- < 1mSv/a: no es necesario control regulador
- 1-6 mSv/a: se debe aplicar un nivel bajo de control regulador
- 6-20 mSv/a: se debe aplicar un nivel alto de control regulador
- >20 mSv/a: el proceso no debe estar permitido sin una estimación completa individual.

Los criterios radiológicos en términos de dosis efectiva en condiciones de trabajo improbables deben ser los siguientes:

- < 6mSv/a: no es necesario control regulador
- 6-20 mSv/a: se debe aplicar un nivel bajo de control regulador
- 20-50 mSv/a: se debe aplicar un nivel alto de control regulador
- >50 mSv/a: el proceso no debe estar permitido sin una estimación completa individual

Estos criterios serían de aplicación a los trabajadores cuyas actividades laborales suponen el almacenamiento o la manipulación de materiales, o la generación de residuos, que normalmente no se consideran radiactivos, pero que contienen radionucleidos naturales. También serían de aplicación a las actividades en que existan exposiciones a la radiación gamma debida a la presencia de sustancias naturales radiactivas en el terreno y en los materiales de construcción de los lugares de trabajo.

Para la estimación de las dosis se deben tener en cuenta todas las vías de exposición.

4. RADÓN EN LUGARES DE TRABAJO

El nivel para la protección de los trabajadores frente a la exposición al Rn-222 en sus puestos de trabajo debe ser de 400 Bq/m^3 de concentración media anual de Rn-222. Este se considera un nivel de intervención, tanto para iniciar acciones de remedio como para aplicar las correspondientes medidas de protección radiológica, en el caso de que una vez realizadas las acciones de remedio no se consiguiera bajar de este nivel, de.

El tipo de acciones de remedio a aplicar y la urgencia en su implantación dependerán de en qué medida las concentraciones de radón excedan el nivel de referencia propuesto, y tendrán la finalidad de reducir dichas concentraciones a niveles tan bajos como sea razonablemente posible y siempre inferiores al de referencia.

Para las actividades laborales que se vayan a desarrollar en nuevas edificaciones, se aplicará el valor que se incorpore en el Código Técnico de la Edificación, que no requerirá medidas de protección de los trabajadores.

En el caso de los lugares de trabajo con elevada permanencia de miembros del público se proponen los valores límite de concentración de radón aplicables a las viviendas, que se indican en el apartado 5. Estos valores no están motivados por la protección de los trabajadores, sino del público que permanece largos periodos de tiempo en esos lugares. En estos casos, la adopción de medidas de protección para los trabajadores no sería necesaria, al estar los valores por debajo del umbral de 400 Bq/m^3 .

5. RADÓN EN VIVIENDAS

Los niveles para la protección frente a la exposición al Rn-222 en las viviendas y edificios de larga permanencia del público deben ser los siguientes:

Edificios construidos

Para edificios ya construidos el nivel de intervención para iniciar acciones de remedio, es el recomendado por la Unión Europea de 400 Bq/m^3 de concentración media anual de radón. No obstante podría considerarse la iniciación de medidas de remedio sencillas y económicas a partir de concentraciones medias anuales de 200 Bq/m^3 .

El tipo de acciones de remedio a aplicar y la urgencia en la implantación de las mismas dependerán de en qué medida las concentraciones de radón medidas excedan los niveles de referencia propuestos, y tendrán la finalidad de reducir dichas concentraciones a niveles tan bajos como sea razonablemente posible y siempre inferiores al de intervención.

Edificios de nueva construcción

Para edificios de nueva construcción, en los que es más sencilla y efectiva la introducción de medidas destinadas a la reducción de los niveles de radón, el nivel objetivo de diseño se aplicará el valor que se incorpore en el Código Técnico de la Edificación.

Cuando se incorpore en el Código Técnico de la Edificación, el valor será aplicable a todos los edificios, sean viviendas o lugares de trabajo.

6. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LOS TRABAJADORES

En términos generales son aplicables los títulos II y III del Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (RPSRI), con las consideraciones que se indican a continuación.

Criterios Básicos.

En aquellas actividades en las que no es previsible que el incremento de exposición de los trabajadores supere los valores indicados a continuación, no es necesaria la aplicación de medidas de protección radiológica:

- Exposición ocupacional a Radón en concentraciones por debajo de 400 Bq/m³.
- Resto de actividades: 1 mSv/año.

El titular de la actividad deberá realizar una reevaluación del incremento de exposición cada 5 años para asegurar que se mantiene por debajo de las condiciones indicadas en el párrafo anterior.

Asimismo deberá realizar esa reevaluación cuando introduzca cambios en la actividad que puedan alterar significativamente la exposición y siempre que obtenga evidencias de que esta se ha modificado por cualquier otra circunstancia.

La reevaluación de la exposición se realizará con la misma metodología que la evaluación inicial o con aquella que establezca el CSN. Los resultados estarán a disposición de la inspección del CSN y se comunicarán a la autoridad competente en aquellos casos en los que haya variación respecto a las estimaciones de las exposiciones de los trabajadores realizadas previamente, proponiendo, en su caso, las medidas de protección a adoptar.

Aplicación de los principios de protección operacional

Con carácter previo a la aplicación de medidas de protección operacional el titular de la actividad deberá justificar que ha adoptado todas las medidas razonablemente posibles para reducir la exposición en las circunstancias existentes. Esta justificación deberá realizarse por escrito y estará a disposición de la autoridad competente y del Consejo de Seguridad Nuclear.

El titular de la actividad será responsable de que la aplicación de las medidas operacionales de protección y la comprobación periódica de su eficacia así como la calibración, verificación, y comprobación del buen estado y funcionamiento de los instrumentos de medición, se realicen bajo la supervisión de un técnico cualificado en protección radiológica.

A. Actividades con bajos niveles de exposición

Se consideran incluidas en este apartado las actividades en las que no es previsible que el incremento de exposición de los trabajadores supere los siguientes valores:

- Exposición ocupacional a Radón: 1000 Bq/m³.

- Resto de actividades: 6 mSv/año.

Se aplicarán las siguientes medidas de protección:

- Vigilancia Radiológica del ambiente de trabajo de acuerdo con lo indicado en el artículo 26 del Real Decreto 783/2001.
- Estimación anual de dosis individuales. Esta estimación podrá realizarse a partir de los resultados de la vigilancia radiológica en el ambiente de trabajo.
- El titular de la actividad deberá informar a los trabajadores sobre los riesgos radiológicos existentes y sobre las precauciones que deben adoptar en la actividad en general y en los destinos y puestos de trabajo a los que se les pueda asignar. Las trabajadoras deberán ser informadas sobre la necesidad de realizar lo antes posible la declaración de situaciones de embarazo o lactancia.
- En relación con el registro y notificación de los resultados de dosis de los trabajadores se seguirá lo dispuesto en los artículos 34 a 38 del Real Decreto 783/2001. En lugar de los plazos establecidos en el artículo 38.1 de ese Real Decreto, la documentación correspondiente deberá archivar al menos hasta que haya transcurrido un año desde que los trabajadores sometidos a vigilancia de las dosis cesen en su empleo.

B. Actividades con niveles de exposición significativos

En aquellas actividades en las que el incremento de exposición de los trabajadores supere alguno de los valores indicados en el apartado anterior se aplicarán **con carácter general** los principios de protección radiológica operacional establecidos en el Título IV del Real Decreto 783/2001. En la práctica esta aplicación se llevará a cabo de forma gradual considerando el nivel de exposición, el número de trabajadores afectados y las alternativas de protección existentes. **En particular:**

- Cuando, en razón de la actividad, no resulten apropiadas las disposiciones sobre señalización de las zonas o sobre limitación del acceso a las mismas, establecidas en el artículo 18 del Real Decreto 783/2001, el titular establecerá otras medidas con los mismos objetivos de protección. Estas medidas deberán ser descritas en los estudios remitidos a la autoridad competente y se recogerán en los procedimientos requeridos en el artículo 21 del mencionado Real Decreto.
- La documentación a la que se refiere el artículo 38.1 del Real Decreto 783/2001 deberá ser archivada por el titular de la actividad al menos hasta un año después de que los trabajadores sometidos a vigilancia de las dosis cesen en su empleo.
- Cuando no sean posibles o resulten inapropiadas las medidas para la vigilancia individual de las dosis, establecidas en los artículos 27 a 31 del Real Decreto 783/2001, el titular propondrá otras medidas que deberán ser descritas en los estudios remitidos a la autoridad competente.

7. GESTIÓN DE RESIDUOS

Los niveles de desclasificación para la gestión de los residuos de actividades laborales con fuentes naturales de radiación serán los que se recogen en el apartado 8 siguiente.

Como consecuencia de esto, los residuos que contengan radionucleidos naturales aislados en concentraciones inferiores a las de la tabla, o cumplan el criterio de la suma de los cocientes en caso de mezcla, no requerirán ningún control radiológico.

La utilización de estos niveles de desclasificación está supeditada a su aprobación por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, de acuerdo con lo especificado en el artículo 2 de la Ley 25/1964, de 29 de abril, reguladora de la energía nuclear, modificada por la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del sector eléctrico

elradon.com



Catálogo de Minerales Radiactivos

Descárgalo aquí

¿Qué es el Radón?

Normativa

Biblioteca

Convocatorias

Noticias

¿Quiere saber más?

Enlaces

Otros tipos de radiación

Solicite el nuevo vídeo
sobre el Radón



Precio: 6 euros

Para más información:
info@elradon.com



Noticias

.....
:Nuevo:
.....

**V Workshop "Radiación
Natural y Medio Ambiente"**

3-7 de Julio de 2006. Valladolid.
España.

Ya puede inscribirse o
consultar más información
pulsando [aquí](#)



National Forums

**Acceso a la información
de los Workshops "Radon
y Medio Ambiente"
realizados.**

[I Workshop.- Suances 2002](#)

[II Workshop.- Santiago 2003](#)

[III Workshop.- Madrid 2004](#)

[IV Workshop.- Suances 2005](#)

Proyectos de Investigación en Desarrollo

**"Dosis de radiación artificial vs natural en
trabajadores con radiaciones ionizantes".** Plan
Nacional de I+D+I (2004-2007)

**"Estudio de la viabilidad y la efectividad de las
acciones de remedio frente a la presencia de
gas radon en los edificios existentes. CSIC".**
Consejo de Seguridad Nuclear.

WHO RESIDENTAL RADON RISK PROJECT
World Health Organization, Geneva, 2005-2007

**Artículos publicados por el Grupo
Radon de la Universidad de Cantabria**

[\[pincha aquí\]](#)

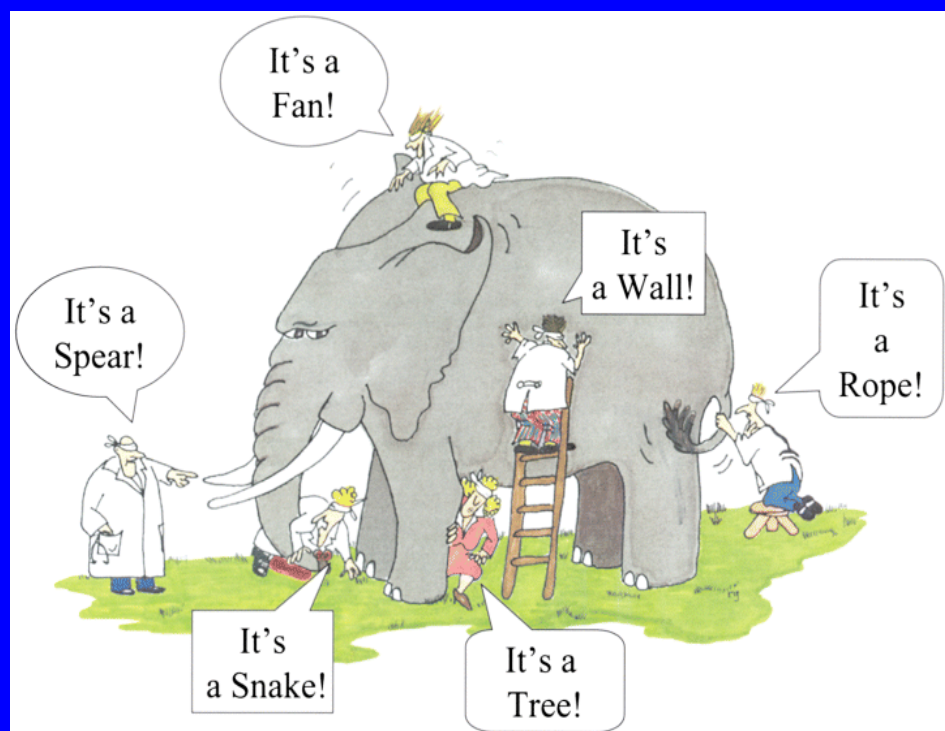


Si desea medir
el radón en su
casa, solicite el
Kit Radón (pulse
sobre la
imagen).

**Nace la primera empresa privada en
España dedicada a medidas de radón:
RADUCAN... [\[más información\]](#)**

CIENCIA en *La II*

“Investigadores en Acción”



Muchas gracias!!!



LaRUC

Laboratorio de Radiactividad Ambiental