



**CONAMA10**  
CONGRESO NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

## **Elaboración de un mapa de la radiactividad ambiental en Aragón**

Autor: José Ángel Villar Rivacoba

Institución: Universidad de Zaragoza

e-mail: villar@unizar.es

Otros Autores: H.I. Calvete (1), J.A. Carrión (2), C. Galé (1), E. García (3), R. Núñez-Lagos(2), C. Pérez (2), J. Puimedón(3), S. Rodríguez(2), P. Sánchez (2), M.L. Sarsa (3), A. Virto(2) Universidad de Zaragoza (1) Departamento Métodos Estadísticos (2) Laboratorio de Bajas Actividades (3) Laboratorio de Física Nuclear y Astropartículas

## RESUMEN

Para conocer el nivel de radiactividad ambiental la Comunidad Autónoma de Aragón se están colocando dosímetros termoluminiscentes en cada una de sus 33 comarcas que miden la dosis acumulada durante un periodo de tiempo. El proyecto, financiado por el Gobierno de Aragón y La Caixa, cuenta con la colaboración de distintos centros de enseñanza, en los que se ubican los dosímetros. En cada punto de medida se coloca a la intemperie y separado de paredes, un sobre que contiene cuatro dosímetros Panasonic UD802 suficientes para tener un valor medio fiable. Cada dosímetro contiene a su vez cuatro detectores, dos de  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7:\text{Cu}$  y dos de  $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$ . Pasado el periodo de exposición, de 30-45 días la lectura se efectúa en Zaragoza con un lector Panasonic TLD-716 y en el cálculo se tiene en cuenta la dosis registrada por los dosímetros de transporte. Además de la elaboración de un mapa de la radiactividad ambiental en Aragón se pretende estudiar posibles variaciones estacionales y posibles correlaciones con los datos meteorológicos de las distintas zonas. Se están realizando también de medidas de suelos y aguas superficiales y de consumo.

**Palabras Clave:** Calidad Ambiental, Radiactividad

## Introducción

La radiactividad natural es un fenómeno inherente al medio ambiente. No hay lugares exentos de radiactividad y todos los materiales que nos rodean tanto naturales como artificiales son, en mayor o menor grado, radiactivos. También los seres vivos, incluidos los humanos, lo son y, a mayor abundamiento, la radiación cósmica somete a nuestro planeta a un continuo baño de radiaciones.

El nivel de radiactividad varía de un lugar a otro e incluso sufre variaciones temporales. La composición del terreno, la altura sobre el nivel del mar, las condiciones meteorológicas (vientos, lluvias, etc.) e incluso la actividad solar son factores que determinan su variabilidad. Además, a la radiactividad natural hay que añadir la inducida por la actividad humana.

El objetivo de este proyecto es crear el germen de lo que a largo plazo sería el sistema de monitorización y medida de la radiactividad ambiental en la Comunidad Autónoma de Aragón. Este sistema debería proporcionar información relevante sobre los niveles de radiación en la atmósfera y los medios terrestre y acuático, con objeto de asegurar que las concentraciones de radionúclidos no constituyan en ningún momento un riesgo para el medio ambiente o la salud.

El proyecto está financiado por el Gobierno de Aragón y La Caixa y cuenta con la colaboración de distintos Centros de Enseñanza, en los que se están ubicando los dosímetros termoluminiscentes y analizando otros parámetros ambientales. Cuenta con dos fases en su desarrollo. La primera ya ha concluido y la segunda finalizará en la primavera de 2012.

El conocimiento del medio ambiente ya forma parte de la cultura ciudadana y así está recogido en los programas de nuestro sistema educativo. De hecho, cada día somos más conscientes de la importancia que tiene preservar el medio ambiente si queremos contribuir al desarrollo sostenible de nuestro entorno. En este contexto, la radiactividad es un elemento inherente al medio ambiente y poco conocido para la mayoría de los ciudadanos.

A este respecto y como objetivo innovador en nuestra Comunidad, este proyecto cuenta con la colaboración de los Centros Educativos Aragoneses, y en particular de los profesores de Física y Química, para que junto con sus alumnos se involucren en el proyecto mediante la toma sistemática de las muestras -siguiendo protocolos preestablecidos- y su envío al laboratorio de la Universidad de Zaragoza para proceder a su medida y evaluación. Esta colaboración se completa con eventuales visitas a los centros y con la impartición de conferencias por parte de los investigadores del proyecto.

En este proceso se trata de estimular a los alumnos y a los profesores para que efectúen, además de la toma de muestras, la medida de las condiciones ambientales meteorológicas, temperatura, humedad, precipitación de lluvia o nieve, etc. en las que se han obtenido las muestras con objeto de poder establecer posteriormente posibles correlaciones.

El muestreo se está realizando de manera sistemática, con una periodicidad adecuada al tipo de muestra y los resultados obtenidos están siendo informatizados en una base de datos. Finalmente, esta información podrá ser utilizada para realizar estudios que permitan conocer las concentraciones de radionúclidos, estudiar tendencias temporales o espaciales, detectar variaciones anormales sobre los niveles de fondo, etc.

### 1.1 Consideraciones sobre los dosímetros utilizados

Para determinar los niveles de radiactividad ambiental se están utilizando dosímetros termoluminiscentes Panasonic UD-802. Cada dosímetro consta de cuatro elementos independientes alojados en una placa que dispone de diferentes blindajes para distinguir la diferente contribución de la radiación incidente dependiendo de su naturaleza y energía. Dos de los cristales, los elementos E1 y E2, son de  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  y los otros dos, los elementos E3 y E4, son de  $\text{CaSO}_4$ . E1 y E2 son sensibles a la radiación gamma, beta, rayos-X y neutrones de baja energía. E3 y E4 son muy sensibles a radiación gamma y se utilizan para la evaluación de bajas dosis.

### Medidas realizadas

En octubre de 2010 ya se han realizado 83 medidas en 28 puntos diferentes, ubicados en centros educativos de algunas de las 33 comarcas aragonesas, y al final del proyecto se tiene previsto abarcarlas todas.

El procedimiento seguido en todos los casos ha sido el siguiente: se realiza una visita inicial a cada centro escolar para presentar el proyecto y acordar con los responsables del mismo el protocolo que se va a seguir, la forma de recoger y enviar los dosímetros y las muestras al laboratorio de la Universidad de Zaragoza para su análisis. La experiencia de estos dos años de colaboración nos lleva a destacar la gran acogida que está teniendo el proyecto en los centros y la absoluta disposición de sus direcciones y profesorado a participar en el mismo.

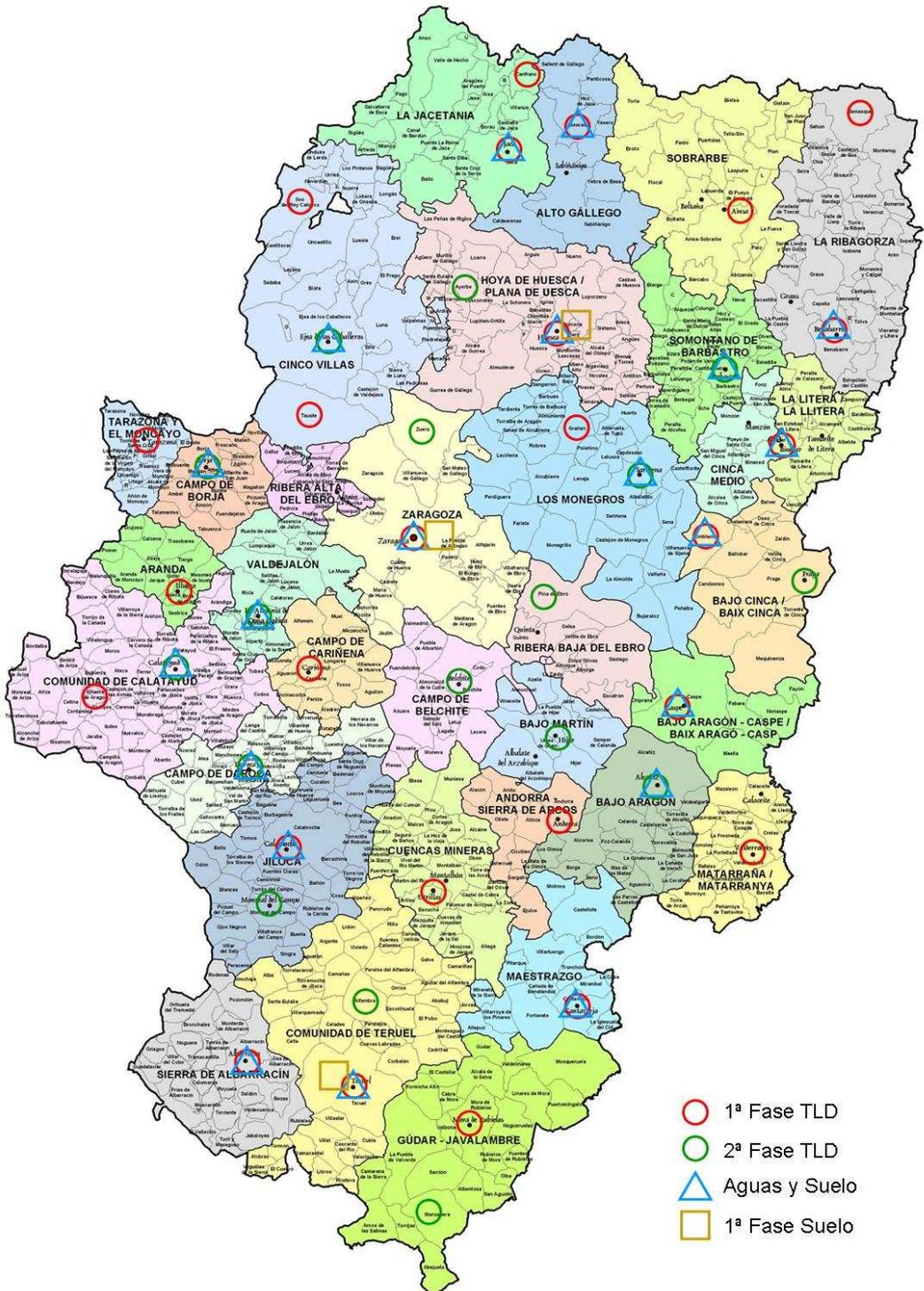
En cuanto a los resultados obtenidos hasta el momento, cabe decir que se aprecian variaciones en las dosis de unos lugares a otros (medidas entre 50 y 110  $\mu\text{Sv}/\text{mes}$ ). Estos resultados deberán analizarse con detalle y completarse con medidas posteriores de suelo para comprobar si se corresponden con los diferentes tipos de terreno, su altura sobre el nivel del mar, etc. También, se aprecian variaciones temporales en algunos puntos que parecen achacables a cambios meteorológicos y efectos estacionales. En cualquier caso, los datos obtenidos indican que las dosis debidas a radiación ambiental son bajas, entran dentro de los valores esperables y no suponen ningún tipo de riesgo para las personas ni para el medioambiente.

No obstante, es evidente que para comprender mejor las variaciones existentes de los niveles de radiación en los diferentes puntos geográficos, sus variaciones con el tiempo, qué isótopos radiactivos están contribuyendo a producir dichos niveles, etc. parece necesario no sólo continuar con las medidas ya iniciadas y ampliar éstas a nuevos puntos, sino también utilizar técnicas más complejas (espectrometría alfa, beta y gamma) y considerar diferentes tipos de muestras (agua, suelo y aire) si se pretende alcanzar una mejor y más completa comprensión y valoración de los niveles de radiación ambiental y



de su origen. Estas medidas y su análisis forman parte de la segunda fase del proyecto global de elaboración del mapa de radiactividad ambiental.

### Puntos de Muestreo



- 1ª Fase TLD
- 2ª Fase TLD
- △ Aguas y Suelo
- 1ª Fase Suelo



**Actividades de difusión**

La dimensión tanto social como informativa es también uno de los objetivos del proyecto. En este aspecto hay que resaltar la gran repercusión que el trabajo ha tenido en los medios de comunicación desde su inicio. Han sido numerosas las entrevistas y reportajes que se han solicitado para recabar información sobre su finalidad y alcance y, en particular, han dado lugar a diversas reseñas tanto en periódicos como en radio y televisión. Se adjuntan a continuación, a modo de ejemplo, algunas muestras gráficas de estos reportajes.



Un equipo multidisciplinar experto de la UZ trabaja en la creación del... <http://www.europapress.es/ocios/ep/09/09/090604conf-2009081>

### ep europa press

## Zaragoza

Huesca | Teruel | Zaragoza

### Un equipo multidisciplinar experto de la UZ trabaja en la creación del primer mapa de radiactividad ambiental

ZARAGOZA, 15 Jun. (EUROPA PRESS) -

Un equipo multidisciplinar de expertos de la Universidad de Zaragoza trabaja en la creación del primer mapa de radiactividad ambiental de Aragón, con el objetivo de conocer si los niveles actuales de radiación podrían provocar algún problema para la salud de los aragoneses.

Según informó el responsable del proyecto, José Angel Villar, en declaraciones a Europa Press, si bien la radiactividad natural es un fenómeno inherente al medio ambiente y no hay lugares a excepción de ella, es necesario conocer la posible existencia de puntos de mayor actividad.

El nivel de radiactividad varía de un lugar a otro y sufre variaciones con el tiempo. La composición del terreno, la altura sobre el nivel del mar, las condiciones meteorológicas e incluso la actividad solar son factores que determinan su variabilidad.

Además, a la radiactividad natural hay que añadir la inducida por la actividad humana. Esta induce la producción y posible utilización al medio ambiente de determinados radioisótopos artificiales y la incorporación de radioisótopos naturales, en concentraciones más elevadas que en su contexto natural, debido a procesos industriales.

El territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón es muy extenso y comprende áreas geográficas muy diversas para las que existen numerosos estudios y medidas de parámetros relacionados con el medio ambiente. No existe un censo, en la actualidad, ninguna medida ni control sistemático de la radiactividad ambiental.

Otras comunidades autónomas como el País Vasco, Cataluña y Extremadura han desarrollado ya en este sentido redes permanentes de detección automática de la radiactividad ambiental que complementan con la toma de muestras en distintos puntos de interés.

Por otro lado, la detección de una posible variación "anormal" del nivel de radiactividad en un cierto lugar y momento requiere el conocimiento previo de sus valores habituales y, si es posible, también de su evolución temporal. "Es evidente, por tanto, el interés y la necesidad de disponer de datos de los niveles de radiación, en ausencia de incidencias, en el mayor número posible de emplazamientos", apuntó.

El objetivo del proyecto solicitado en el marco del convenio de colaboración, en materia de sostenibilidad y medio ambiente, entre el Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad del Gobierno de Aragón y la Caixa, es establecer las bases de lo que a largo plazo será el sistema de monitorización y medida de la radiactividad ambiental en la Comunidad Autónoma de Aragón.

Este sistema deberá proporcionar información relevante sobre los niveles de radiación en la atmósfera y en los medios terrestres y acuáticos con objeto de asegurar que las concentraciones de radioisótopos no constituyen en ningún momento un riesgo para el medio ambiente o la salud de los aragoneses.

Cuando se habla de radiactividad se tiende a pensar, ya sea de forma directa o indirecta, en las centrales

Un mapa de la radiactividad en Aragón | Heraldo.es

Page 1 of 2

## HERALDO.es

15 Jun 2009 a las 16:00 | Actualizado a las 17:28 h

Sociedad

### Un mapa de la radiactividad en Aragón

Un equipo multidisciplinar de expertos de la Universidad de Zaragoza trabaja en la creación del primer mapa de radiactividad ambiental de Aragón, con el objetivo de conocer si los niveles actuales de radiación podrían provocar algún problema para la salud de los aragoneses.

Según informó el responsable del proyecto, José Angel Villar, si bien la radiactividad natural es un fenómeno inherente al medio ambiente y no hay lugares a excepción de ella, es necesario conocer la posible existencia de puntos de mayor actividad.

El nivel de radiactividad varía de un lugar a otro y sufre variaciones con el tiempo. La composición del terreno, la altura sobre el nivel del mar, las condiciones meteorológicas e incluso la actividad solar son factores que determinan su variabilidad.

Además, a la radiactividad natural hay que añadir la inducida por la actividad humana. Esta induce la producción y posible utilización al medio ambiente de determinados radioisótopos artificiales y la incorporación de radioisótopos naturales, en concentraciones más elevadas que en su contexto natural, debido a procesos industriales.

El territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón es muy extenso y comprende áreas geográficas muy diversas para las que existen numerosos estudios y medidas de parámetros relacionados con el medio ambiente. No existe un censo, en la actualidad, ninguna medida ni control sistemático de la radiactividad ambiental.

Otras comunidades autónomas como el País Vasco, Cataluña y Extremadura han desarrollado ya en este sentido redes permanentes de detección automática de la radiactividad ambiental que complementan con la toma de muestras en distintos puntos de interés.

Por otro lado, la detección de una posible variación "anormal" del nivel de radiactividad en un cierto lugar y momento requiere el conocimiento previo de sus valores habituales y, si es posible, también de su evolución temporal. "Es evidente, por tanto, el interés y la necesidad de disponer de datos de los niveles de radiación, en ausencia de incidencias, en el mayor número posible de emplazamientos", apuntó.

El objetivo del proyecto solicitado en el marco del convenio de colaboración, en materia de sostenibilidad y medio ambiente, entre el Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad del Gobierno de Aragón y la Caixa, es establecer las bases de lo que a largo plazo será el sistema de monitorización y medida de la radiactividad ambiental en la Comunidad Autónoma de Aragón.

Este sistema deberá proporcionar información relevante sobre los niveles de radiación en la atmósfera y en los medios terrestres y acuáticos con objeto de asegurar que las concentraciones de radioisótopos no constituyen en ningún momento un riesgo para el medio ambiente o la salud de los aragoneses.

Cuando se habla de radiactividad se tiende a pensar, ya sea de forma directa o indirecta, en las centrales

terrestres y acuáticas con objeto de asegurar que las concentraciones de radioisótopos no constituyen en ningún momento un riesgo para el medio ambiente o la salud de los aragoneses.

Cuando se habla de radiactividad se tiende a pensar, ya sea de forma directa o indirecta, en las centrales

terrestres y acuáticas con objeto de asegurar que las concentraciones de radioisótopos no constituyen en ningún momento un riesgo para el medio ambiente o la salud de los aragoneses.

Cuando se habla de radiactividad se tiende a pensar, ya sea de forma directa o indirecta, en las centrales

1 de 2

16/06/2009 8:41

[http://www.heraldo.es/ocios/sociedad/7988\\_un\\_mapa\\_radiactividad\\_aragon.html](http://www.heraldo.es/ocios/sociedad/7988_un_mapa_radiactividad_aragon.html) 15/06/2009

### 8 | Comarcas

#### ALTO ARAGÓN CIENCIA Y MEDIO AMBIENTE

## Un mapa mostrará los diferentes niveles de radiación en Aragón

Un equipo multidisciplinar evalúa las 33 comarcas de la Comunidad

El tiempo que necesitó para ser creado este mapa de radiactividad ambiental en Aragón, con el objetivo de conocer si los niveles actuales de radiación podrían provocar algún problema para la salud de los aragoneses, es un tiempo que se estima en unos meses. El equipo multidisciplinar de expertos de la Universidad de Zaragoza trabaja en la creación del primer mapa de radiactividad ambiental de Aragón, con el objetivo de conocer si los niveles actuales de radiación podrían provocar algún problema para la salud de los aragoneses.



Datos de Aragón. Sitios: 23 de enero de 2010

### Avanzado y se espera información que afecte a

El equipo multidisciplinar de expertos de la Universidad de Zaragoza trabaja en la creación del primer mapa de radiactividad ambiental de Aragón, con el objetivo de conocer si los niveles actuales de radiación podrían provocar algún problema para la salud de los aragoneses.

ARAGÓN 20 DE JUNIO DE 2009 | El Periódico 19

## El 48% de los zaragozanos iría más a los bares si se prohibiese fumar

Un estudio ha constatado a 400 pacientes de centros de salud de Delicias

El estudio que se realizó en el barrio de Delicias de Zaragoza, con el objetivo de conocer si los niveles actuales de radiación podrían provocar algún problema para la salud de los aragoneses, es un tiempo que se estima en unos meses. El equipo multidisciplinar de expertos de la Universidad de Zaragoza trabaja en la creación del primer mapa de radiactividad ambiental de Aragón, con el objetivo de conocer si los niveles actuales de radiación podrían provocar algún problema para la salud de los aragoneses.

### 5 | Cinco Medio Equipamiento

## Monzón aprueba de forma definitiva la remodelación de las piscinas

Todos los grupos municipales votaron a favor del proyecto

El ayuntamiento de Monzón, en el primer escandalo de corrupción en la historia de la ciudad, ha aprobado de forma definitiva la remodelación de las piscinas municipales. El proyecto, que costará unos 10 millones de euros, fue aprobado por unanimidad en el pleno municipal celebrado el pasado viernes.



Una sesión del pleno municipal.

### Por otro lado, una asociación de padres de familia de la zona de

El ayuntamiento de Monzón, en el primer escandalo de corrupción en la historia de la ciudad, ha aprobado de forma definitiva la remodelación de las piscinas municipales. El proyecto, que costará unos 10 millones de euros, fue aprobado por unanimidad en el pleno municipal celebrado el pasado viernes.

## Aragón tendrá mapa radiactivo en octubre

Una treintena de sensores distribuidos por Aragón compondrá la red

El equipo multidisciplinar de expertos de la Universidad de Zaragoza trabaja en la creación del primer mapa de radiactividad ambiental de Aragón, con el objetivo de conocer si los niveles actuales de radiación podrían provocar algún problema para la salud de los aragoneses.

### Medio centenar de empresas en la comunidad gerenciará residuos nucleares

El equipo multidisciplinar de expertos de la Universidad de Zaragoza trabaja en la creación del primer mapa de radiactividad ambiental de Aragón, con el objetivo de conocer si los niveles actuales de radiación podrían provocar algún problema para la salud de los aragoneses.

**batería de cocina** 27 piezas

PRECIO ESPECIAL PROMOCIÓN 149€ + IVA DOMICILIO

PRECIO COMPLETO 269€

El Periódico



◆ **Aragón contará con un mapa pionero de radioactividad ambiental**

En Aragón existen en la actualidad muchos estudios y medidas de parámetros medioambientales, pero no se dispone de medidas ni controles sistemáticos de la radioactividad ambiental.

Con el objetivo de solventar esta carencia, la Obra Social "la Caixa" y el Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad han acordado dentro de su convenio de colaboración para la investigación y la conservación de los espacios naturales aragoneses, la creación de un pionero mapa de radioactividad ambiental en la Comunidad Autónoma. La entidad financiera destina a esta iniciativa un total de 80.000 euros.

La consejera de Ciencia, Tecnología y Universidad, Pilar Ventura, acompañada del director general de Investigación, Innovación y Desarrollo, José Luis Serrano, el responsable de relaciones institucionales de "la Caixa" en Aragón, Navarra y La Rioja, Ricardo Alfós, y el investigador responsable del Grupo de Excelencia "Física nuclear y astropartículas", José Ángel Villar, presentaron el viernes pasado este [primer estudio sobre los niveles de radioactividad ambiental en Aragón](#). Como novedad, esta iniciativa incorpora la colaboración de profesores y alumnos de Centros Educativos Aragoneses para que se involucren tanto en la toma de muestras como en la interpretación de los resultados.



De esta manera, el proyecto establecerá las bases de lo que a largo plazo sería el sistema de monitorización y medida de la radioactividad ambiental en la Comunidad Autónoma de Aragón, con información relevante sobre los niveles de radioactividad en la atmósfera, medios terrestre y acuático, y con el objetivo de asegurar que no constituye en ningún momento un riesgo para el medio ambiente o la salud de los aragoneses.

Para ello, un equipo multidisciplinar de 10 investigadores, en su mayor parte miembros de dos grupos de investigación reconocidos por el Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza - el Grupo de Investigación en Física Nuclear y Astropartículas y el Grupo de Investigación en Optimización y Simulación -, serán los encargados de dirigir el estudio. Además y como novedad en un estudio científico, participarán en la elaboración del mapa y los índices de radioactividad ambiental profesores y alumnos de los Centros Educativos Aragoneses.

"El conocimiento del medio ambiente se recoge en los programas de nuestro sistema educativo. Sin embargo, aunque somos conscientes de la importancia de preservar el medio ambiente para contribuir al desarrollo sostenible de nuestro entorno, la radioactividad es poco conocida para la mayoría de los ciudadanos", indica José Ángel Villar, investigador responsable del estudio.

La radioactividad natural es un fenómeno inherente al medio ambiente. Sin embargo, a ésta se debe añadir la inducida por la actividad humana, que incluye la producción y posible difusión al medio ambiente de determinados radioisótopos artificiales y su incorporación a los naturales, elevando de esta manera las concentraciones de éstos últimos.

**Más detalles de la investigación**

El conocimiento detallado de la radioactividad ambiental es complejo y requiere multitud de medidas y determinaciones. No obstante, existen parámetros generales que pueden conformar una información global y cuyos valores indican la necesidad o no de posteriores investigaciones.

En una primera etapa, se creará una red básica con un número limitado de puntos de medida, distribuidos por la geografía de Aragón, en los que se tomarán muestras de aire y suelo. El muestreo se realizará de manera sistemática y periódica. Los resultados obtenidos se introducirán en una base de datos, de tal manera que esta información pueda utilizarse para estudios posteriores que permitan conocer las concentraciones de radionúclidos, estudiar tendencias temporales o espaciales, detectar variaciones anormales sobre los niveles de fondo, entre otras posibilidades de investigación.

Los Centros Educativos Aragoneses escogidos, en particular de los profesores y alumnos de Física y Química de Educación Secundaria, para la primera fase estarán situados en las distintas áreas geográficas y provinciales de Aragón. Se les entregará tres protocolos de actuación: uno para los detectores de termoluminiscencia, otro para la toma de muestras de suelo y un tercero para los equipos de filtros para aire y cartuchos de carbón activo. Esta información se enviará o al laboratorio de la Universidad de Zaragoza para su medida y evaluación. Por otro lado, para complementar su participación del alumnado, recibirán la visita de los investigadores, además de charlas divulgativas.

En una segunda fase, y una vez analizados los resultados obtenidos en este proyecto, la red se irá completando con más puntos de medida y con la realización de análisis más complejos en aquellos lugares que por sus características específicas precisaran de un estudio más detallado.

El análisis de los datos y su interpretación constituye el paso final del proceso y será llevado a cabo por el equipo multidisciplinar de investigación. "Creemos que este proyecto viene a llenar, de forma original e innovadora, un importante vacío en el conocimiento de uno de los aspectos del medio ambiente de Aragón y pretendemos que este conocimiento sea útil para el avance en el conocimiento científico, además de compartirlo con la Sociedad Aragonesa", concluye el investigador Villar.

**La radioactividad ambiental en Aragón**

En Aragón se encuentran medio centenar de instalaciones radiactivas, de las que el 70% están clasificadas como de segunda categoría y el resto de tercera. Así, existen muchas industrias que en su quehacer cotidiano procesan o utilizan sustancias naturales en cuya composición aparecen isótopos radiactivos. Estos materiales reciben el nombre de materiales NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials), nombre que se extiende a las industrias que los utilizan. La concentración habitual de estos isótopos suele ser muy baja y su

Por otro lado, la difusión científica de los resultados es algo habitual en toda investigación, ya sea en forma de publicación, de comunicación en congresos o reuniones de la especialidad o en conferencias generales de divulgación. De esta forma, y a la espera de disponer de todos los datos y de su posterior procesado, se han venido realizando diversas charlas de carácter divulgativo en los Centros Escolares.

Por último, merece la pena señalar que en la segunda fase del proyecto, ya iniciada, se va a contar con la colaboración de la Cátedra de Divulgación Científica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, que está financiada por el Gobierno de Aragón y el Ayuntamiento de Zaragoza y que para este nuevo curso académico 2010-2011 ya se están organizando y planificando más actividades con los centros colaboradores.

## Bibliografía

- R. Engelbrecht, M. Schwaiger, State of the art of standard methods used for environmental radioactivity monitoring, *Applied Radiation and Isotopes* 66 (2008) 1604-1610.
- M. Herranz, R. Idoeta, F. Legarda, Evaluation of uncertainty and detection limits in radioactivity measurements, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* (próximo a aparecer).
- M.J. Madurga, Environmental radioactivity monitoring in Portugal, *Applied Radiation and Isotopes* 66 (2008) 1639-1643.
- M.L. Romero, Quality assurance and the evaluation of uncertainties in environmental measurements, in *Current Trends in Radiation Protection*, EDP Sciences, 2004.
- S. Righi, P. Luciali, L. Bruzzi, Health and environmental impacts of a fertilizer plant e Part I: Assessment of radioactive pollution, *Journal of Environmental Radioactivity* 82 (2005) 167-182
- Procedimiento para la recepción, conservación y preparación de muestras de aerosoles en filtros y de radioyodos en carbón activo para la determinación de la radiactividad ambiental, CSN, Colección Informes Técnicos 11.2005, Procedimiento 1.8.
- Procedimiento para la determinación de la concentración de actividad de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$  en suelos y sedimentos, CSN, Colección Informes Técnicos 11.2005, Procedimiento 1.6.
- Selección, preparación y uso de patrones para espectrometría gamma, CSN, Colección Informes Técnicos 11.2005, Procedimiento 1.4.
- Procedimiento para la conservación y preparación de muestras de suelo para la determinación de la radiactividad, CSN, Colección Informes Técnicos 11.2005, Procedimiento 1.2.