

LAS REDES DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL

L. M^a RAMOS

Las redes de vigilancia radiológica ambiental, establecidas para determinar la situación radiológica de una zona geográfica determinada, presentan características particulares acordes con sus objetivos específicos. Así, las redes implantadas para alertar en caso de un accidente nuclear tienen una mayor densidad de puntos, disponen de equipos automáticos y miden generalmente tasa de dosis gamma en aire. Sin embargo, cuando se trata de determinar las dosis recibida por la población en condiciones normales, se vigilan todas las posibles vías de transferencia de los contaminantes radiactivos en el medio ambiente y se toman muestras para su análisis posterior en un laboratorio de baja actividad.

En los sistemas de vigilancia radiológica ambiental se superponen, complementándose, diferentes tipos de redes en varios niveles, que van desde la escala nacional a la local, en aquellos municipios donde existen instalaciones nucleares o radiactivas de una cierta entidad. En este artículo se identifican cuatro niveles, se especifican sus principales características y se describe su desarrollo en nuestro país. En el primer nivel se integra la Red de Alerta a la Radiactividad de Protección Civil; el segundo y tercer nivel corresponden a la Red de Estaciones Automáticas y a la Red de Estaciones de Muestreo del CSN, y el cuarto se asigna a las redes de vigilancia implantados por los titulares en el entorno de las instalaciones nucleares.

The environmental monitoring networks implemented to determine the radiological condition of a given geographical area, have specific features conditioned by their particular objectives. While the surveillance systems designed to alert in case of an accident consist of a high density network of on-line monitors measuring generally gamma dose rate in air, the environmental monitoring programmes established to assess the doses to the public in normal conditions include different analysis of samples from a variety of pathways: air, water, foods....

Therefore, the radiological monitoring structure is integrated by several networks in a range of levels going from the national to the local stage. This paper identifies four main surveillance levels, outlines their main characteristics and describe their development in Spain

INTRODUCCIÓN

Los niveles de radiación y las concentraciones de sustancias radiactivas en el medio ambiente son debidos fundamentalmente a fuentes naturales de radiación y varían sustancialmente de unas zonas a otras, por lo que la determinación del fondo radiológico requiere el desarrollo de programas específi-

cos. Los isótopos de origen artificial liberados en la producción de energía núcleo-eléctrica y en las aplicaciones de los radionucleidos para usos médicos, en la industria y en investigación, así como el accidente de Chernobyl y las pruebas nucleares realizadas en su día en la atmósfera también contribuyen a la radiactividad presente en el medio ambiente, aunque en una proporción menor. Ante esta situación, surge la necesidad de establecer programas de vigilancia radiológica que permitan detectar y vigilar la presencia de elementos radiactivos en el medio ambiente, seguir su evolución en el tiempo y estimar el posible riesgo radiológico para la población, a fin de adoptar las medidas de protección necesarias.

Las redes de vigilancia se establecen para conocer la situación radiológica de una zona geográfica concreta y determinar sus posibles alteraciones, y presentan características particulares acordes con sus objetivos específicos; estos objetivos condicionan factores tales como el medio a vigilar, la densidad de puntos, los parámetros de control, las características de los equipos de medida, el tipo de muestras, la frecuencia de muestreo y análisis, y la sensibilidad de las medidas. Así, las redes establecidas para alertar en caso de un accidente nuclear presentan una mayor densidad de puntos, vigilan principalmente el aire como vía prima-

ria de transferencia de los contaminantes radiactivos, disponen de equipos automáticos y miden generalmente tasa de dosis. Sin embargo, dado que los niveles de contaminación ambiental son bajos, cuando se trata de determinar la dosis recibida por la población en condiciones normales, se vigilan todas las posibles vías de transferencia y se toman muestras para su análisis posterior en un laboratorio de baja actividad.

LA RADIATIVIDAD EN EL MEDIO AMBIENTE

El universo y la propia tierra son el origen de las fuentes naturales de radiación, variando estas sustancialmente de unos lugares a otros del planeta. Del sol y del espacio exterior procede la radiación cósmica, frente a la cual la atmósfera actúa como escudo protector, frenando y absorbiendo parte de la misma; sin embargo, la mayor contribución a la exposición se debe a las grandes cantidades de uranio, torio y otros elementos radiactivos existentes en el subsuelo terrestre. La cuantificación del fondo radiactivo es y ha sido objeto de numerosos programas de investigación en todo el mundo.

En España el Proyecto Marna (Mapa de radiación gamma natural) [1] se ha desarrollado como un proyecto de I+D con la colaboración del CSN, Enusa,

Xunta de Galicia y diversas universidades y entidades. Durante la década de los 80, principalmente a raíz del accidente de Chernobil, la Unión Europea y la Agencia Internacional de Energía Atómica promovieron la elaboración de atlas dosimétricos nacionales para estimar la exposición a las distintas fuentes radiactivas de origen natural. El proyecto Marna se inició en 1991 siguiendo estas directrices y se ha desarrollado en cuatro fases que cubren zonas geográficas diferentes, estando previsto que concluya en 2004, tras haber realizado más de un millón de medidas en total. La primera fase se basó en las medidas realizadas durante unos 30 años (1958-88) dentro del plan nacional de exploración e investigación del uranio; en la actualidad se está ejecutando la cuarta, que comprende las Islas Baleares, las Islas Canarias, Ceuta y Melilla. El mapa de la figura 1 recoge los niveles de tasa de exposición a la radiación gamma natural medidos a un metro del suelo en la España peninsular, obtenido en este proyecto.

En general existe una relación entre los niveles de tasa de exposición y las formaciones geológicas. Los valores más elevados (Madrid, Cáceres, Lugo, Orense, Ávila...) suelen estar ligados a determinado tipo de formaciones graníticas y rocas sedimentarias derivadas de ellas, y los más bajos son debidos a formaciones sedimentarias de origen marino. La radiación de origen natural contribuye, por término medio, en un 87% a la exposición de la población, aunque, como se ha indicado anteriormente, los valores pueden variar mucho de unos lugares a otros.

LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL

La necesidad de determinar la situación radiológica a nivel nacional y seguir su evolución ha llevado a los distintos países a establecer sistemas de vigilancia, a fin de conocer el impacto radiológico sobre la población y detectar variaciones significativas que pudieran tener su origen en un incidente o accidente, tanto de origen local como transfronterizo.

Coincidiendo con el inicio de los programas nucleares y con las pruebas nucleares en la atmósfera llevadas a cabo durante los años 1950-60, los países industrializados establecieron diversos programas de investigación encaminados a determinar los niveles de radiación y contaminación radiactiva en su territorio. En España, la Junta de Energía Nuclear realizó programas específicos durante los años cincuenta, que contribuyeron a crear la infraestructura necesaria para el desarrollo posterior de la vigilancia radiológica, llevada a cabo en primer lugar en el entorno de las centrales nucleares; posteriormente se han desarrollado programas sistemáticos de ámbito nacional para obtener una mejor caracterización del fondo radiológico, acordes con los implantados en otros países de nuestro entorno y siguiendo las recomendaciones de la Unión Europea. En los emplazamientos nucleares, los programas preoperacionales proporcionaron datos muy detallados de la situación antes de su entrada en operación y han constituido la base de los programas operacionales de vigilancia radiológica ambiental, que permiten evaluar

el impacto radiológico asociado al funcionamiento de las instalaciones.

En los sistemas de vigilancia radiológica ambiental se superponen, complementándose, diferentes tipos de redes en varios niveles, que van desde la escala nacional a la local, en aquellos municipios donde existen instalaciones nucleares o radiactivas de una cierta entidad. Los dos primeros niveles se centran en la vigilancia radiológica del aire, vía primaria de transferencia de los contaminantes radiactivos en el medio ambiente; en los demás niveles se vigilan además otras vías de transferencia, tanto primarias como secundarias. A continuación se describen las principales características de estos niveles y su desarrollo concreto en nuestro país.

PRIMER NIVEL

El primer nivel está constituido por una malla tupida de estaciones automáticas, que miden en tiempo real una sola variable radiológica (tasa de dosis gamma en aire); este nivel está ligado a la vigilancia en caso de accidente y en España lo integra la RAR.

Red de Alerta a la Radiactividad (RAR)

La RAR es una red establecida y gestionada por la Dirección General de Protección Civil [2] para detectar y seguir la evolución de sucesos que puedan provocar niveles anormales de radiación. Cuenta con un total de 902 estaciones de medida (Ver figura 2) que proporcionan datos en tiempo real de la tasa de dosis gamma en aire y se encuentran distribuidas de forma generalmente uniforme, en una malla 30x30 km que cubre todo el territorio nacional, aunque tiene una mayor densidad en las fronteras y en los emplazamientos nucleares.

La RAR presenta una topología en estrella, con dos centros nacionales redundantes que enlazan con once centros territoriales. Las estaciones realizan medidas cada minuto, calculando valores medios en 10 minutos y en dos horas; los datos se transmiten diariamente a los centros nacionales a través de los centros territoriales. Cada estación cuenta con un detector tipo Geiger-Müller doble, uno de alta y otro de baja, con un rango de medida entre 10 nGy/h y 5 Gy/h, y una unidad de transmisión de datos.

En cada estación se establecen valores de alarma, basados en los límites de dosis al público y en caso de superarse estos niveles se envía la informa-

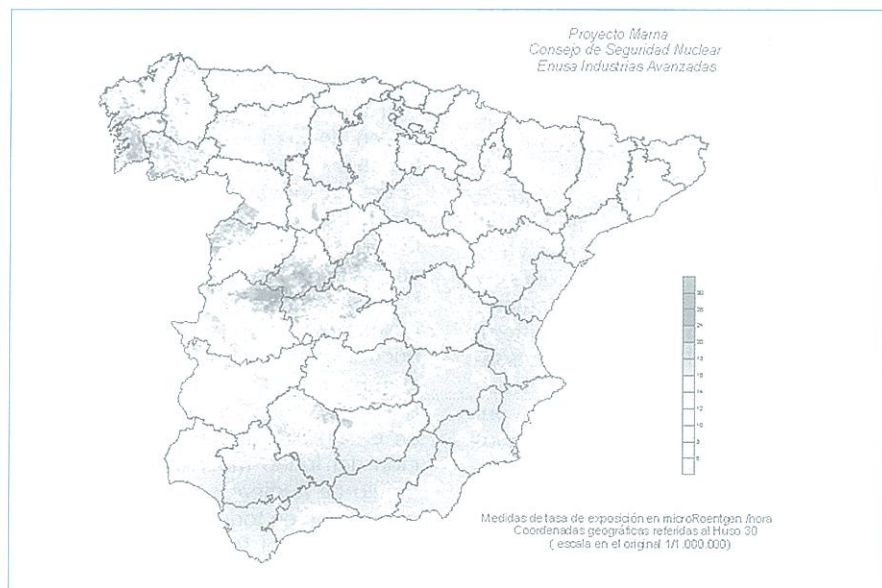
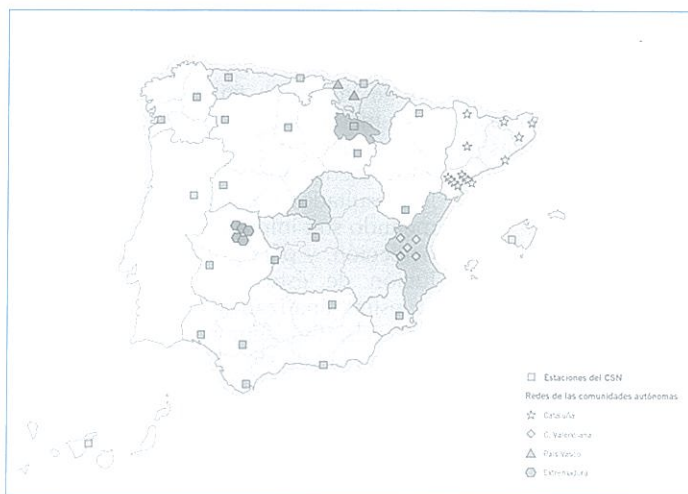


Figura 1. Niveles de tasa de exposición a la radiación gamma (1m del suelo).



Figura 2. Ubicación de las estaciones de la RAR

Figura 3. Ubicación de las estaciones de la REA del CSN y CC.AA.



ción al centro nacional. En la Sala de Emergencias (Salem) del CSN está instalado uno de los centros asociados de la RAR, existiendo un convenio de colaboración entre este Organismo y el Ministerio del Interior para la explotación y mantenimiento de esta red.

SEGUNDO NIVEL

El segundo nivel lo integran estaciones automáticas equipadas para medir en continuo diversas variables radiológicas, además de la tasa de dosis gamma en aire, y cuyo número es sensiblemente inferior a las anteriores, pudiendo tener un ámbito provincial; este nivel está también ligado a la vigilancia en emergencias. La Red de Estaciones Automáticas del Sistema de Vigilancia Radiológica Ambiental (Revira) del CSN pertenecería a este nivel.

los elementos radiactivos y niveles de radiación en el medio ambiente, determinar las causas de sus posibles incrementos y estimar el impacto radiológico potencial sobre la población [3].

La REA está integrada por 25 estaciones automáticas situadas junto a estaciones del Instituto Nacional de Meteorología (INM) y distribuidas según muestra el mapa de la figura 3; en cada punto de esta red se ubica una estación radiológica de medida, un discriminador selectivo inteligente de comunicaciones (DSIC) y una estación automática del INM, compartiendo la infraestructura y el sistema de comunicaciones. La REA dispone de instrumentación para medir tasa de dosis gamma y concentraciones de radón, radioyodos y emisores alfa y beta en aire.

La radiación gamma se mide con una sonda compuesta por dos detectores Geiger-Müller que permiten esti-

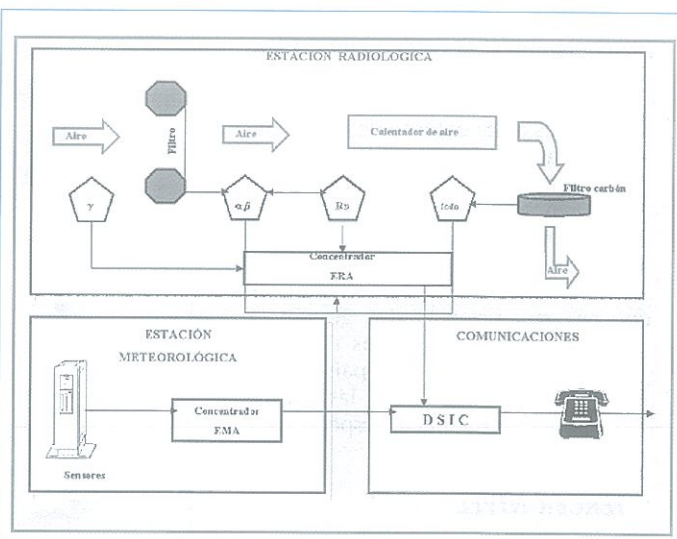


Figura 4. Estación de la REA

La Red de Estaciones Automáticas (REA) del Sistema Revira

La REA fue implantada por el CSN en 1992 como parte del sistema nacional de redes de vigilancia radiológica ambiental (Revira) establecido por este Organismo para detectar la presencia y vigilar la evolución de

mar tasas de dosis equivalente ambiental en el rango de 10 nSv/h a 10 Sv/h; el detector de baja mide hasta 2 mSv/h y el de alta hasta 10 Sv/h. La sonda está ubicada en el exterior de la caseta donde se encuentran los equipos.

Los aerosoles se miden aspirando aire del exterior del edificio que, antes de pasar por un filtro de papel continuo y un filtro estático de carbón activo, se hace circular por un calentador para eliminar la humedad. Los filtros se sitúan frente a sendos detectores de centelleo de ZnS:Ag (partículas alfa y beta) y NaI:Tl (radioyodos). La estación radiológica estima la presencia de descendientes de radón a partir de los contajes alfa y beta mediante un método de semicoincidencia basado en la desintegración del ^{214}Po (figura 4).

Los rangos de medida de los equipos de las estaciones automáticas de la REA son los siguientes:

Radioyodos (Bq/m ³)	Alfa (Bq/m ³)	Beta (Bq/m ³)	Tasa de dosis (μSv/h)
0,5 - 10 ⁷	0,2/0,5 - 10 ⁷	0,2/0,5 - 10 ⁷	10 ⁻² - 10 ⁷

El DSIC transmite los parámetros de control del sistema, almacena, prepara y transmite la información obtenida por las estaciones radiológica y meteorológica al centro de supervisión y control, situado en la Sala de Emergencias (Salem) del CSN. El DSIC interroga a las estaciones cada 10 minutos para obtener los datos y comprobar su estado, almacena los datos cada 24h, y genera automáticamente una orden de llamada al centro de control de la Salem cuando algunas de las variables alcanza un nivel de alarma previamente establecido.

Las Comunidades Autónomas de

Valencia, Cataluña y Extremadura disponen también de redes automáticas de vigilancia radiológica ambiental con estaciones similares a las del CSN, distribuidas en el entorno de las centrales nucleares ubicadas en sus respectivos territorios; la Comunidad Autónoma del País Vasco ha puesto también en marcha su propia red automática de vigilancia. El CSN ha ampliado la cobertura de la REA integrando en su sistema de gestión y operación estaciones de las redes valenciana, catalana y del país Vasco, mediante acuerdos con las Administraciones autonómicas respectivas.

TERCER NIVEL

El tercer nivel lo constituyen las redes de estaciones de muestreo donde se recogen, para su análisis posterior, diversos tipos de muestras en las principales vías de transferencia de los contaminantes radiactivos al hombre, vigilándose además de la atmósfera, las aguas continentales y costeras, los suelos, el agua de bebida y los alimentos. Las muestras recogidas, tras un proceso de preparación adecuado, se analizan en laboratorios de medida de baja actividad, lo que permite obtener niveles de detección inferiores a los alcanzados con los equipos automáticos. Esta vigilancia se establece para valorar la situación radiológica del territorio y estimar el impacto sobre la población en situación normal, aunque su infraestructura puede ser utilizada en caso de accidente.

La Red de Estaciones de Muestreo del Sistema Revira del CSN correspondería a este nivel, que presenta dos subniveles, uno con un número relativamente elevado de puntos de muestreo (Red Densa) y otro con un número muy reducido de puntos de muestreo (Red Espaciada), donde se aplican técnicas de gran sensibilidad para medir los valores existentes de los contaminantes radiactivos en el medio ambiente. Estos valores son normalmente muy pequeños, estando a menudo por debajo de los umbrales de detección obtenidos con los sistemas de muestreo y técnicas analíticas aplicadas habitualmente en los laboratorios de baja actividad; para su cuantificación es preciso recurrir a procedimientos especiales, que impliquen un volumen de muestra muy elevado y procedimientos analíticos específicos, técnicas puestas a punto sólo por unos cuantos laboratorios. Para el establecimiento de la red espaciada se suele dividir cada país en zonas en función de su superficie y ca-

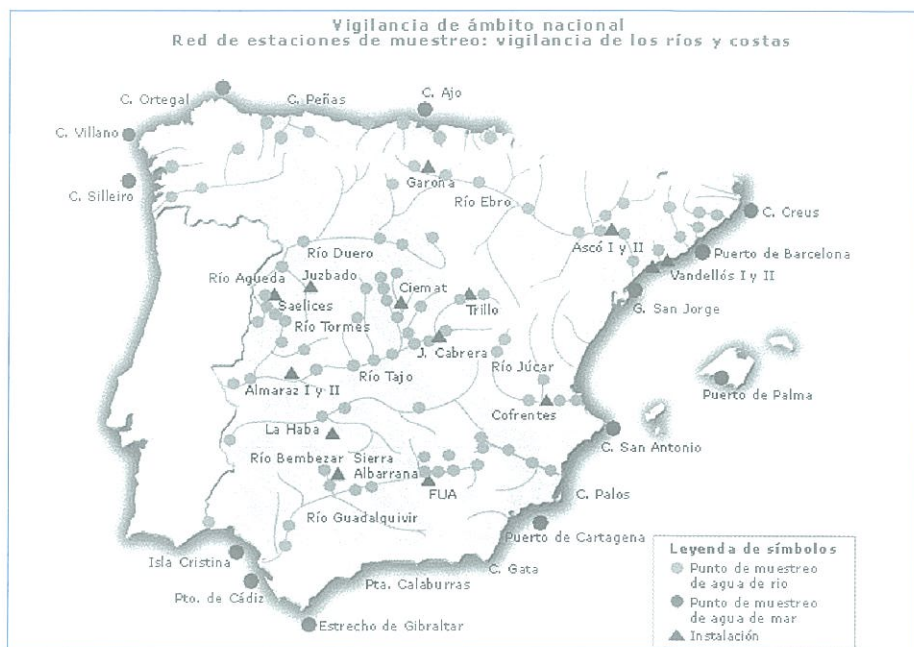


Figura 5. REM: Ubicación de puntos de muestreo en ríos y costas.

racterísticas geográficas. En España se han establecido cuatro regiones en la Península y una quinta en las Islas Canarias, dada su ubicación.

Red de Estaciones de Muestreo (REM) del Sistema Revira

La REM integra, junto con la REA, el sistema de redes ambientales del CSN, e incluye la vigilancia de la atmósfera y de los medio terrestre y acuático. Los programas se han establecido siguiendo las recomendaciones de la Comisión de Unión Europea y son desarrollados por laboratorios de diferentes universidades e instituciones con las que el Consejo tiene establecidos acuerdos de colaboración [4]. La REM está compuesta por dos subredes:

• La red densa

Está Integrada por numerosos puntos de muestreo, de modo que queda cubierto todo el territorio; los niveles de detección son los obtenidos de modo habitual en los laboratorios de medida de la radiactividad ambiental. Los programas de esta red incluyen el análisis de muestras de aerosoles (alfa y beta total, espectrometría gamma y ^{90}Sr), radioyodos (^{131}I), suelo (beta total, espectrometría gamma y ^{90}Sr), agua potable (alfa y beta total, espectrometría gamma y ^{90}Sr), aguas continentales y aguas costeras (alfa, beta total, beta resto, ^3H y espectrometría gamma) y leche (espectrometría gamma y ^{90}Sr).

• La red espaciada

Está constituida por muy pocos pun-

tos de muestreo; en ella se requieren unas medidas muy sensibles, de modo que se detecten los valores existentes en el medio ambiente para confirmar los resultados de la red densa, que a menudo son inferiores a los niveles de detección, y para poder seguir la evolución de éstos en el tiempo. Las muestras analizadas incluyen aerosoles (^{137}Cs , ^7Be), agua potable (alfa y beta total, beta resto, ^3H , ^{137}Cs , ^{90}Sr , isótopos naturales), aguas continentales, aguas costeras y dieta tipo (^{137}Cs , ^{90}Sr), leche (^{137}Cs y ^{90}Sr) y dieta tipo (^{137}Cs , ^{90}Sr).

La vigilancia del medio acuático incluye los ríos de las principales cuencas hidrográficas y las aguas del perímetro costero español. Los programas de vigilancia de los ríos fueron implantados por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Cedex) en 1978, participando el CSN en los mismos desde 1987; el Consejo inició la vigilancia de las aguas costeras en 1992, en colaboración con dicho Organismo. El programa actual de vigilancia pertenece a la red densa, estando en fase de implantación el de la red espaciada.

Las estaciones de muestreo están situadas en los principales ríos, tanto en zonas de potencial influencia de las instalaciones nucleares como en áreas alejadas de ellas, e incluyen en la actualidad unos 80 puntos, como muestra el mapa de la figura 5. Los programas incluyen la determinación de la actividad alfa, beta total, beta resto (beta total excluido el ^{40}K), tritio y espectrometría gamma.

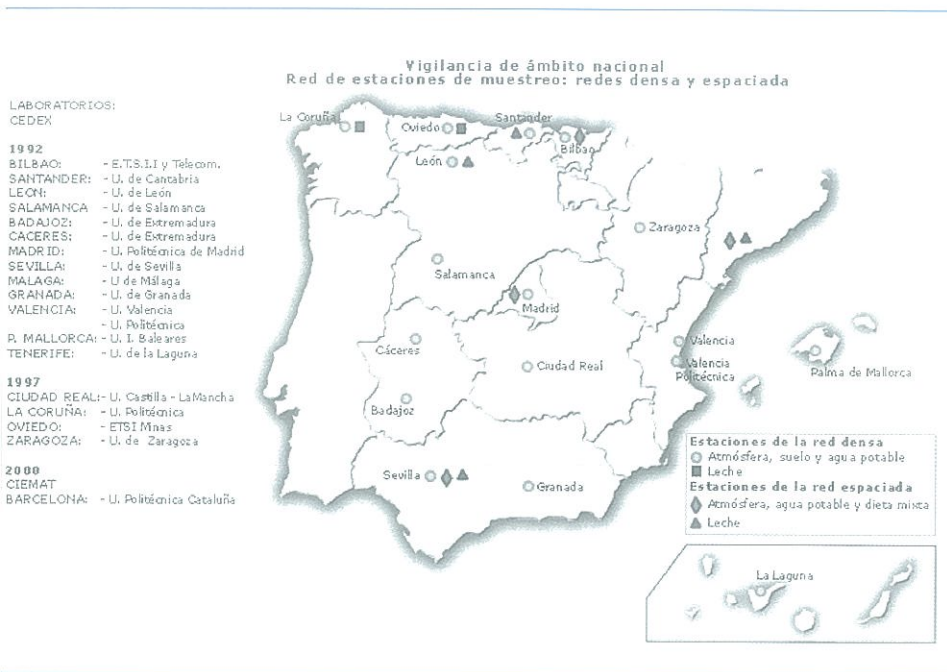


Figura 6. REM: Ubicación de puntos de muestreo en el medio terrestre

La vigilancia de la atmósfera y el medio terrestre se inició en 1992; en el mapa de la figura 6 se sitúan las estaciones de muestreo que integran las redes densa y espaciada, y se indican los laboratorios que colaboran con el Consejo en el desarrollo de los programas de vigilancia.

CUARTO NIVEL

A pesar de presentar una variabilidad sustancial en cuanto a densidad y programas desarrollados, todas las redes anteriores tienen un carácter nacional, y se establecen, gestionan y financian por organismos públicos. Existen además las redes de vigilancia implantadas por los titulares en el entorno de las instalaciones nucleares y de las radiactivas del ciclo del combustible que, si bien tienen un carácter local, presentan una gran densidad de puntos de muestreo y un elevado número muestras debido al número de vías vigiladas y a la frecuencia de muestreo, ya que su objetivo es efectuar un seguimiento de los vertidos líquidos y gaseosos realizados por estas instalaciones.

La red de vigilancia en la zona de influencia de las instalaciones

Los programas de vigilancia radiológica en el entorno de las instalaciones nucleares se establecen para garantizar el cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios impuestos a

las instalaciones y verificar la idoneidad del programa de vigilancia de efluentes radiactivos y de los modelos de transferencia de los radionucleidos en el medio ambiente. Su contenido y alcance se define siguiendo las recomendaciones del CSN y tiene en cuenta el tipo de instalación y características del emplazamiento tales como demografía, usos de la tierra y el agua y hábitos de la población.

Los programas incluyen la determinación de la tasa de dosis gamma ambiental mediante dosímetros de termoluminiscencia, el análisis de muestras de aerosoles, agua potable, agua de lluvia, agua superficial y subterránea, suelos, sedimentos, organismos indicadores, leche y cultivos, carne, huevos, peces, marisco, miel, etc; el número total de muestras recogidas asciende a unas 11.000 anuales. Los análisis varían en función del tipo de muestra, e incluyen actividad alfa y beta total, beta resto, ^{90}Sr , ^{131}I , ^3H y espectrometría gamma.

Además de los programas de vigilancia desarrollados en el entorno de la instalación, en el límite del emplazamiento y dentro del mismo se ubican generalmente algunas estaciones automáticas de medida similares a las de las redes nacionales, que proporcionan datos en tiempo real de la tasa de dosis gamma en aire.

Cabe indicar que si bien los criterios aplicados para el desarrollo de los diferentes sistemas de vigilancia de la radiactividad son similares, los programas específicos pueden variar de unos

países a otros en función de sus peculiaridades geográficas, sociales, económicos, etc. En el caso específico de la Unión Europea, los Estados miembros han tratado de incorporar las recomendaciones de la Comisión en el ámbito de los artículos 35 y 36 del tratado de Euratom, y presentan características similares.

REFERENCIAS

- [1] Proyecto Marna. Mapa de radiación gamma natural. CSN. Colección Informes Técnicos. 5.2000.
- [2] Revista de Protección Civil. Núm. 5. Informes Técnicos. RAR. Septiembre 2000
- [3] Red de estaciones automáticas de vigilancia radiológica ambiental (REA) del CSN. Operación y resultados. Años 2000 y 2001. Colección Informes Técnicos. 8.2002.
- [4] Programas de vigilancia radiológica ambiental. Resultados 2001. Colección Informes Técnicos. 9. 2002.



Lucila Mª RAMOS SALVADOR, es licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad Autónoma de Madrid. En 1978 ingresó en la Junta de Energía Nuclear, pasando posteriormente a formar parte del Cuerpo Técnico del Consejo de Seguridad Nuclear. En este Organismo ha desempeñado los cargos de jefe de Proyecto de centros nucleares de investigación, jefe de la Unidad de Efluentes Radiactivos y jefe de Área y coordinadora técnica de Protección Radiológica del Público y del Medio Ambiente. En 2003 ha sido nombrada Subdirectora General de Protección Radiológica Ambiental. Participa regularmente en grupos de trabajo nacionales e internacionales sobre la elaboración de recomendaciones y desarrollo normativo en materia de protección radiológica ambiental, y es representante español en el Comité de Expertos del Artículo 37 del Tratado de Euratom.