

IMPACTO RADIOLÓGICO AMBIENTAL DE LA ENERGÍA NUCLEAR. PROGRAMAS DE VIGILANCIA Y CONTROL

L.M^a. RAMOS

INTRODUCCIÓN

La contaminación radiactiva del medio ambiente y la exposición de los miembros del público a las radiaciones ionizantes pueden tener su origen en las descargas procedentes de operaciones planificadas o accidentales en actividades reguladas, o ser debidas a situaciones preexistentes, tales como la contaminación ocasionada por accidentes pasados, la lluvia radiactiva originada por las pruebas nucleares, o el incremento de la radiactividad natural como consecuencia de actividades humanas. En muchos casos tanto las fuentes de emisión como el medio ambiente deben ser vigilados a fin de determinar el riesgo para la población y verificar el cumplimiento de los límites y condiciones establecidos por las autoridades competentes. Esta vigilancia puede dividirse en tres categorías: vigilancia de la fuente de emisión, del medio receptor y de los miembros del público; los casos de vigilancia individual de la población son extremadamente raros y solo se plantearían cuando las dosis estimadas superasen una fracción sustancial del límite anual de dosis al público.

En las prácticas susceptibles de producir vertidos radiactivos significativos, como ocurre con las instalaciones del ciclo del combustible nuclear, los límites y condiciones para su vigilancia y con-

trol, y los requisitos para la vigilancia radiológica ambiental, se establecen en el proceso de licenciamiento. Los programas implantados durante la operación normal de las instalaciones constituyen la base de la vigilancia en caso de accidente. Además de la vigilancia radiológica ambiental asociada a las instalaciones, los distintos países realizan programas de vigilancia fuera de la zona de influencia de las mismas, a fin de conocer el fondo radiológico a nivel nacional y poder determinar los posibles incrementos sobre el mismo.

En España, las instalaciones que generan residuos radiactivos disponen de sistemas de almacenamiento, tratamiento y evacuación de efluentes y de programas de vigilancia radiológica acordes con las características de los vertidos y del emplazamiento; el sistema de vigilancia radiológica ambiental está constituido por la red implantada por los titulares en la zona de influencia de las instalaciones

del ciclo del combustible nuclear, y por las redes de vigilancia de ámbito nacional gestionadas por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN): Red de Estaciones Automáticas (REA) y Red de Estaciones de Muestreo (REM).

En los informes semestrales del CSN al Congreso de los Diputados y al Senado se proporciona información sobre los resultados de los programas de vigilancia y un resumen de estos se incluye en la página Web del Consejo, a fin de facilitar la información del público. Los datos se remiten también anualmente a la Comisión de la Unión Europea y son publicados junto a la información de otros estados miembros.

LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA NUCLEOELÉCTRICA Y SU IMPACTO RADIOLÓGICO

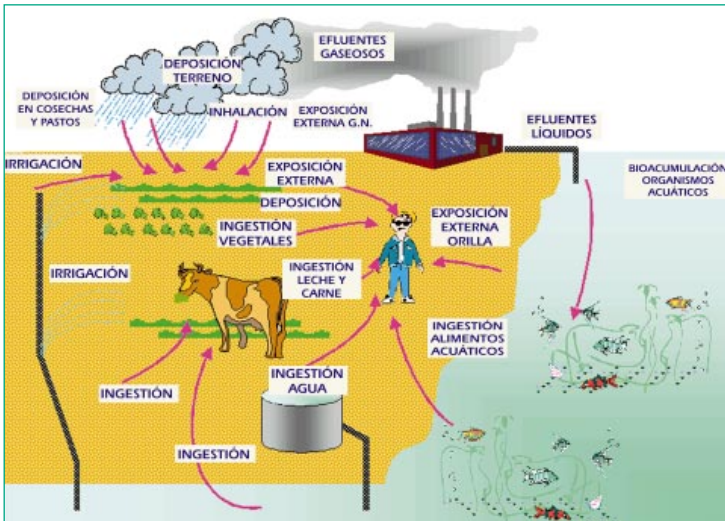
Como consecuencia de la operación de las instalaciones del ciclo del com-

combustible se generan desechos radiactivos cuyo tratamiento da lugar a residuos sólidos y a efluentes líquidos y gaseosos; mientras los primeros, debidamente acondicionados, se almacenan en instalaciones adecuadas a sus características, los líquidos y gases se descargan al medio ambiente una vez reducida su contaminación a niveles adecuados.

En la Figura 1 se presenta un resumen de la ubicación y



FI - Instalaciones del ciclo del combustible españolas



F2- Vías de exposición de efluentes gaseosos y líquidos

principales características de las instalaciones del ciclo del combustible españolas.

La vigilancia para la protección del público se basa en la evaluación de las dosis que pudieran ser recibidas por el individuo que hace uso del entorno de las instalaciones, debiendo adecuarse esta evaluación al riesgo que impliquen las actividades que se realizan (1). Al estimar las dosis susceptibles de ser recibidas por la población no resulta viable un control dosimétrico directo de todos los individuos del público, como ocurre con los trabajadores profesionalmente expuestos a las radiaciones. Para cuantificar el impacto radiológico es necesario, por tanto, realizar estimaciones mediante modelos que describan la transferencia de los contaminantes radiactivos en los diferentes elementos de los ecosistemas, considerando un conjunto adicional de hipótesis sobre los hábitos de los individuos de los distintos grupos de la población (2). Los programas de vigilancia radiológica ambiental permiten verificar que los modelos físico-matemáticos utilizados reflejan adecuadamente el comportamiento real de los efluentes emitidos y que no se producen vertidos incontrolados.

Los aspectos relativos a los efluentes y a la vigilancia radiológica ambiental se recogen en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF), documentos oficiales incluidos en los permisos de explotación de las instalaciones del ciclo del combustible. Tras un proceso de homogeneización llevado a cabo por el CSN, las ETF de la mayoría de estas instalaciones contienen el Programa de Control de Efluentes Radiactivos (PROCER) y el Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA); estos programas se desarrollan en el Manual de Cálculo de Dosis en el Exterior (MCDE), que contiene, además, una descripción

de las principales vías de vertido, la instrumentación de vigilancia de la radiación y la metodología y parámetros utilizados en la estimación de las dosis al público debidas a los efluentes radiactivos líquidos y gaseosos (3).

La vigilancia y control de los efluentes radiactivos

La legislación española requiere que las instalaciones que puedan dar lugar a residuos radiactivos dispongan de sistemas adecuados de tratamiento y evacuación, a fin de garantizar que las dosis debidas a los vertidos son inferiores a los límites establecidos en las autorizaciones administrativas y que se mantienen en valores tan bajos como sea posible.

El CSN ha definido el alcance los pro-

TABLA 1. LÍMITES DE VERTIDO				
	LÍMITES	VERTIDO	VARIABLE	VALOR
CENTRALES NUCLEARES	Límites Instantáneos	Gases	Tasa de dosis	5 mSv/a
		Líquidos	Concentración	RPSRI (5 mSv/a)*
	Restricciones Operacionales	Total	Dosis Equivalente Efectiva	0,1 mSv/a
		Gases	Dosis Equivalente Efectiva	0,08 mSv/a
JUZBADO	Límites anuales	Gases	Actividad α_T	0,19 GBq/a
		Líquidos	Actividad α_T	12,03 GBq/a
	Límites Instantáneos	Líquidos	Concentración máxima actividad α_T	0,22 MBq/m ³
		Líquidos	Concentración de actividad Ra-226	3,75 Bq/m ³
QUERCUS	Incremento sobre fondo del río	Líquidos	Actividad de Ra-226	1,64 GBq/a
	Límite anual	Gases	Concentración Polvo de mineral	15 mg/m ³
	Límite anual	Gases	Concentración media polvo de concentrado	5 mg/m ³
	Límite dosis	Total	Dosis equivalente efectiva	0,3 mSv/a
CABRIL	Límites dosis	Gases***	Dosis equivalente efectiva	0,01 mSv/a

(*) Valores de concentración derivados de los límites de dosis al público del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

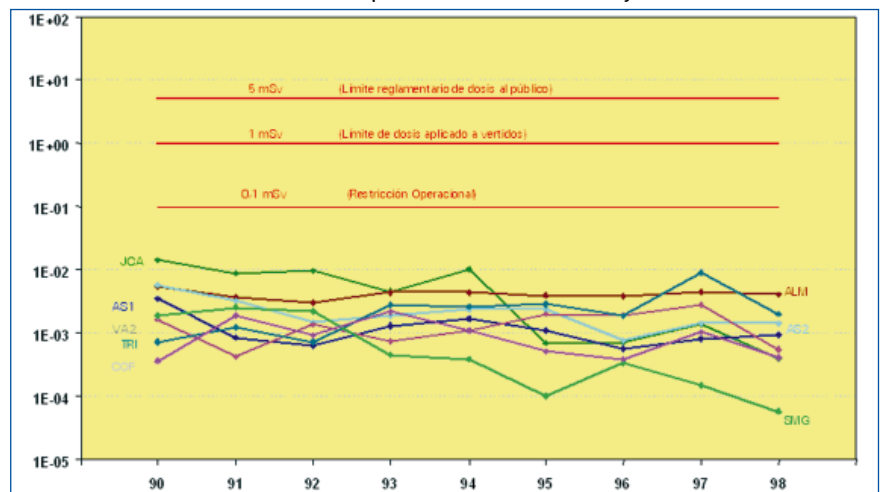
(**) Valores genéricos, el reparto entre líquidos y gases es diferente en algunas instalaciones

(***) Vertido nulo para líquidos

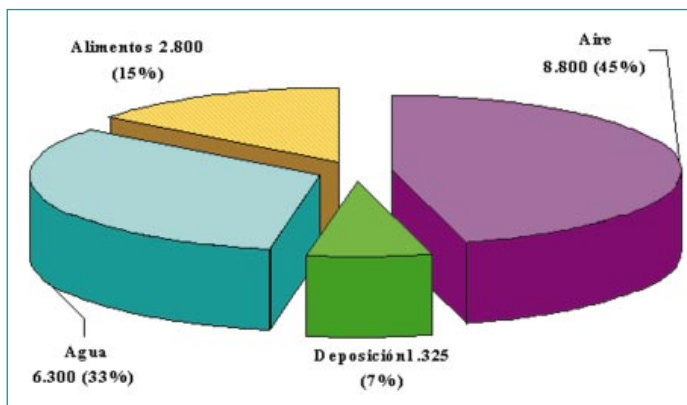
gramas de control de efluentes(4) de acuerdo con la práctica internacional (5,6); estos programas contienen:

- los límites de vertido,
- los programas de muestreo y análisis y los cálculos de dosis requeridos para verificar el cumplimiento de dichos límites,
- las condiciones de operación de los sistemas de tratamiento, y
- los requisitos exigidos a la instrumentación para la vigilancia en continuo de los efluentes líquidos y gaseosos.

En las centrales nucleares, según el modelo fijado por el CSN e implantado a comienzo de los noventa, el PROCER se define en las ETF y se desarrolla en el MCDE.



F3- Dosis Equivalente Efectiva Total (mSv/a)



F4- Programas de vigilancia radiológica ambiental. Análisis realizados en cada vía de exposición

Las restantes instalaciones tienen establecidos programas similares que se incluyen en diferentes documentos según la instalación. La Tabla 1 contiene un resumen de los límites de vertido de las instalaciones y la Tabla 2, un resumen de los programas de muestreo y análisis de las centrales nucleares.

Los titulares de las instalaciones remiten al CSN los datos relativos a los vertidos líquidos y gaseosos y las dosis estimadas

límites y condiciones establecidos y realiza un seguimiento de las tendencias de los vertidos, a fin de detectar incidencias operacionales y verificar el funcionamiento de los sistemas de tratamiento; para ello se han definido unos valores internos de referencia en base a la experiencia operativa de las instalaciones; si se superan estos valores se solicita a la instalación información sobre las posibles actividades que han originado el incremento

como consecuencia de estas emisiones en los informes periódicos de explotación y en soporte magnético para su carga en la base de datos de efluentes líquidos y gaseosos del Consejo (ELGA). El CSN evalúa estos datos, verificando el cumplimiento de los

en los efluentes. El control regulador de los vertidos se complementa, además, con las inspecciones de efluentes que periódicamente realiza el CSN a estas instalaciones.

Los vertidos de las instalaciones se mantiene generalmente en valores inferiores a los niveles de referencia internos del CSN y son equiparables a los de las otras instalaciones europeas y americanas, como se pone de manifiesto en la Tabla 3 donde se incluyen, a título indicativo, los vertidos de los reactores de agua a presión y ebullición por unidad de energía eléctrica generada.

Los cálculos de las dosis debidas a los vertidos radiactivos de las instalaciones se realizan para verificar el cumplimiento de los límites establecidos, aplicando siempre criterios y valores muy conservadores; la metodología e hipótesis utilizadas son comunes para cada tipo de instalación, a excepción de aquellos parámetros específicos del emplazamiento. En la Figura II se presenta un esquema de las principales vías de transferencia para efluentes líquidos y gaseosos. Los valores obtenidos son muy inferiores a los límites de dosis para el público y representan una pequeña fracción de los límites de vertido, como se pone de manifiesto en la Figura III para las centrales nucleares.

La vigilancia radiológica ambiental en el entorno de las instalaciones

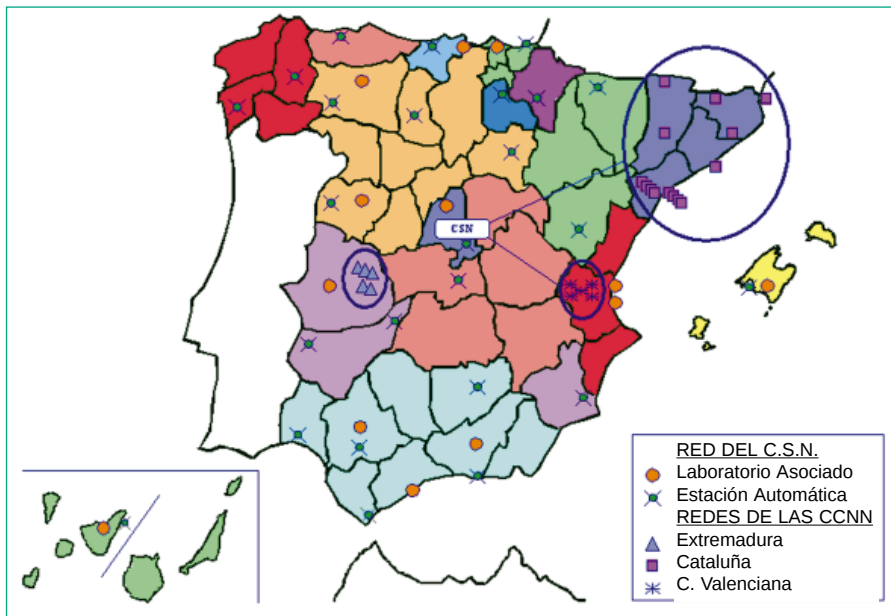
La vigilancia radiológica ambiental en el entorno de las instalaciones nucleares y radiactivas del ciclo del combustible nuclear empezó a implantarse en los comienzos del programa nuclear español, a finales de la década de los 60, y se ha desarrollado según las diferentes etapas de la vida de estas instalaciones, en las fases preoperacional, operacional y de desmantelamiento y clausura.

Actualmente existen, por tanto, en función del tipo de instalación y del estado operativo de las mismas, tres tipos distintos de programas de vigilancia radiológica ambiental:

- los desarrollados en los siete emplazamientos de las nueve centrales nucleares en operación
- los establecidos en otras instalaciones del ciclo del combustible nuclear en operación: Planta Quercus, Fábrica de Juzbado e instalación de El Cabril.
- los implantados en las instalaciones en fase de desmantelamiento o clausura: la Central Nuclear de Vandellós I, las fábricas de concentrados de uranio de Andújar (FUA) y La Haba (Lobo-G). Los programas de vigilancia desarrollados en estos casos son similares en cuanto a diseño a los vigentes durante la fase de

TABLA 2. PROGRAMAS MUESTREO Y ANÁLISIS DE LOS VERTIDOS DE LAS CENTRALES NUCLEARES

EFLUENTES LÍQUIDOS			
TIPO DE VERTIDO	FRECUENCIA DE MUESTREO	FRECUENCIA MINIMA DE ANÁLISIS	TIPO DE ANÁLISIS
Emisión en tandas	Cada tanda	Cada tanda	Emisores gamma I-131
	Una tanda al mes	Mensual	Emisores gamma (Gases disueltos)
	Cada tanda	Mensual compuesta	H-3 Alfa total
	Cada tanda	Trimestral compuesta	Sr-89/90
Descarga continua	Continuo	Semanal compuesta	Emisores gamma I-131
	Muestra puntual mensual	Mensual	Emisores gamma (Gases disueltos)
	Continuo	Mensual compuesta	H-3 Alfa total
	Continuo	Trimestral compuesta	Sr-89/90
EFLUENTES GASEOSOS			
Descarga continua y purgas contención	Muestra puntual mensual	Mensual	Emisores gamma H-3
	Muestra continua	Semanal (Filtro carbón)	I-131
	Muestra continua	Semanal (Filtro partículas)	Emisores gamma
	Muestra continua	Mensual compuesta (Filtro partículas)	Alfa total
	Muestra continua	Trimestral compuesta (Filtro partículas)	Sr-89/90
Off-gas (BWR)/ Tanques de gases	Muestra puntual	Mensual/Cada tanque	Emisores gamma
	Continua	Semanal (Filtro carbón)	I-131
	Continua	Semanal (Filtro part.)	Emisores gamma
	Continua	Mensual compuestas (Filtro partículas)	Alfa total
	Continua	Trimestral compuesta (Filtro partículas)	Sr-89/90



F5-Red de Vigilancia Radiológica Ambiental. Red de estaciones automáticas

TABLA 3. EMISIONES DE EFLUENTES RADIATIVOS (GBq/GWh)*

EFLUENTES GASEOSOS						
COMPONENTES	ESPAÑA		PAISES UE		USA	
	PWR	BWR	PWR	BWR	PWR	BWR
Gases Nobles	1,95E+01	3,63E+01	6,50E+00	6,21E+01	2,13E+01	1,67E+02
I-131	3,14E-05	8,06E-05	3,36E-05	3,13E-04	1,21E-04	7,95E-04
Partículas	3,46E-05	9,75E-05	5,77E-05	3,52E-02	4,73E-04	1,89E-03
Tritio	1,99E-01	7,36E-02	2,91E-02	5,33E-02	5,47E-01	3,52E-01
EFLUENTES LÍQUIDOS						
COMPONENTES	ESPAÑA		PAISES UE		USA	
	PWR	BWR	PWR	BWR	PWR	BWR
Total salvo Tritio	5,34E-03	1,94E-03	5,27E-03	5,36E-03	9,90E-03	9,46E-03
Tritio	3,01E+00	5,58E-02	3,56E-00	2,77E-01	3,27E-00	1,16E-01

(*) Valores medios 1980-1997

TABLA 4. PROGRAMA DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL ALREDEDOR DE LAS CENTRALES NUCLEARES

TIPO DE MUESTRA	ANÁLISIS REALIZADOS
AIRE	Actividad β -Total, Sr-90, Espectrometría γ I-131
AGUA POTABLE	Actividad β -Total, Actividad β -Resto, Sr-90, Tritio, Espectrometría γ
AGUA DE LLUVIA	Sr-90, Espectrometría γ
AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	Actividad β -Total, Actividad β -Resto, Tritio, Espectrometría γ
SUELOS, SEDIMENTOS Y ORGANISMOS INDICADORES	Sr-90, Espectrometría γ
LECHE Y CULTIVOS	Sr-90, Espectrometría γ , I-131
CARNE, HUEVOS, PECES, MARISCOS Y MIEL	Espectrometría γ

operación de las respectivas instalaciones, si bien su alcance se ha modificado teniendo en cuenta su situación.

Los objetivos fundamentales de los PVRA son proporcionar medidas representati-

vas de la radiactividad en las vías de exposición potencial más importantes para el hombre en cada emplazamiento y verificar la bondad de los programas de vigilancia de efluentes y de los modelos

de transferencia de los radionucleidos en el medio ambiente; los PVRA contemplan tres aspectos diferenciados:

- Los programas de muestreo, análisis y medida de los niveles de radiación y de los radionucleidos existentes en el medio ambiente dentro de un área circular de 30 km de radio.
- El censo del uso de la tierra y el agua, que permite identificar los cambios producidos y verificar que en el programa se realizan las modificaciones requeridas acordes con estos.
- El programa de control de calidad analítico sobre la vigilancia ambiental establecida, con un alcance entre el 5 y el 15% de las muestras y análisis.

Los PVRA de las centrales españolas se diseñaron originalmente a partir de la Regulatory Guide 4.8. de la NRC (7) y de las Guías 3 (8) y 9 (9) de la JEN; en 1993 el CSN publicó la Guía de Seguridad Nuclear 4.1 (10) sobre el diseño y desarrollo de los PVRA para centrales nucleares. Los programas actuales se basan en esta Guía y se desarrollan en detalle en el MCDE de cada instalación, donde se definen también unos niveles de notificación para concentraciones de actividad en muestras ambientales, establecidos por el Consejo a partir de la limitación de efluentes; si se superan estos niveles la instalación debe informar al CSN y realizar un estudio para determinar su posible relación con los vertidos de la central. En las otras instalaciones del ciclo del combustible, los PVRA se definieron siguiendo normas y guías específicas (11,12.).

La selección del número y ubicación de los puntos de muestreo, del tipo de muestras a recoger y de los análisis requeridos, se realiza en la fase preoperacional; esta fase, con una duración mínima de dos años, permite caracterizar radiológicamente el emplazamiento antes de que se vea afectado por los vertidos de la instalación. La vigilancia se efectúa en las principales vías de exposición del hombre a las radiaciones y, adicionalmente, en otros elementos del ecosistema que son buenos indicadores de la evolución de la radiactividad en el medio ambiente.

En las Tablas 4 y 5 se detallan los análisis requeridos para cada tipo de muestra en el PVRA de las centrales nucleares y una síntesis de los programas de las restantes instalaciones del ciclo respectivamente. Anualmente se realizan del orden de 20000 análisis, como muestra el gráfico de la Figura IV, que representa los análisis efectuados durante 1997 en las distintas vías vigiladas en estas instalaciones.

Las instalaciones remiten anualmente al CSN los resultados de los programas de vigilancia y de los controles de calidad correspondientes, y cada tres años el

nuevo censo del uso de la tierra y del agua. Los datos de los PVRA se encuentran almacenados en la base de datos de medida de la radiactividad ambiental del CSN (KEEPER), junto con los obtenidos en los programas de vigilancia radiológica de ámbito nacional. El Consejo evalúa estos resultados considerando los datos obtenidos durante la fase preoperacional y los valores de años anteriores, analizando su evolución durante el período de operación de la instalación; se realiza, así mismo, un estudio de los resultados del programa de control de calidad, en relación con los datos del PVRA.

El Consejo lleva a cabo un control independiente de los PVRA de las instalaciones mediante programas propios de vigilancia; los puntos de muestreo, el tipo de muestras y los análisis realizados coinciden con los efectuados por los titulares. En las centrales de Vandellós I y II, Ascó y Cofrentes, esta vigilancia ha sido encomendada a las Comunidades Autónomas de Cataluña y Valencia respectivamente. En el resto de las instalaciones el CSN ha contado tradicionalmente con el apoyo técnico del CIEMAT para realizar los análisis. En 1999 el Consejo ha establecido acuerdos con los laboratorios de la REM ubicados en las Comunidades Autónomas donde se encuentran el resto de las instalaciones, para llevar a cabo esta vigilancia independiente, cuyo alcance se ha establecido en el 5% de las muestras y análisis de los PVRA. El CSN realiza también auditorías e inspecciones periódicas relativas a estos programas; por otra parte, la Comisión de la UE puede efectuar visitas de verificación a las instalaciones de acuerdo con el artículo 35* del Tratado de Euratom; en 1995 se llevó a cabo una de estas verificaciones en Vandellós II, con resultados muy satisfactorios.

LA VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL NO ASOCIADA A INSTALACIONES

En 1985, ante la inminente entrada de España en la Unión Europea y dado el número de instalaciones nucleares existentes en el país, se puso de manifiesto en el CSN la necesidad de establecer una red de vigilancia radiológica a nivel nacional; esta necesidad se acentuó tras el accidente de Chernobyl. Según el proyecto inicial, la red de vigilancia nacional debía ser independiente de la asociada a las instalaciones nucleares, incluir todas las Comunidades Autónomas y tener en cuenta características tales como extensión y límites costeros a la hora de fijar el



F6- Red de estaciones de muestreo de atmósfera y suelo del CSN

número y características de los puntos de muestreo. Como objetivos de esta red de vigilancia, operativa desde 1992, se plantean:

- Conocer la distribución y evolución de los radioisótopos presentes en el medio ambiente y los niveles de radiación ambiental y disponer de un banco de datos medioambientales que permita obtener en cualquier momento niveles de referencia.
- Disponer de datos experimentales para poder realizar estimaciones del impacto radiológico potencial a que pueda estar sometida la población como consecuencia de una posible contaminación radiactiva del medio ambiente.
- Informar al Congreso, al Senado y a la opinión pública sobre la calidad radiológica del medio ambiente en España.
- Dar adecuado cumplimiento a lo requerido en los artículos 35 y 36** del tratado de Euratom

Para la consecución de estos objetivos, se ha implantado una Red de Estaciones Automáticas (REA) para la medida en tiempo real de la radiactividad en la atmósfera y una Red de Estaciones de Muestreo (REM) donde se realizan programas de muestreo y análisis de la atmósfera, del medio terrestre, de los ríos y de las costas.

Red de Estaciones Automáticas (REA)

El establecimiento de La Red de Estaciones Automáticas tiene por objetivo la vigilancia en tiempo real de la radiactividad en la atmósfera en diferentes zonas del país; la mayoría de estaciones de la red gestionada por el CSN están situadas en estaciones de medida del Instituto Nacional de Meteorología y conectadas, a través de la red telefónica conmutada, con un centro de supervisión

y control ubicado en la sede del CSN. En la Tabla 6 se recogen las variables vigiladas en las estaciones automáticas.

Existen además otras redes de vigilancia del aire no operadas por el CSN, como las Redes de las Comunidades Autónomas de Cataluña, Valencia y Extremadura. Las estaciones de la Generalidad de Valencia y de Cataluña se encuentran conectadas con el CSN, donde también se reciben datos de una estación portuguesa (Penhas Douradas). En el mapa de la Figura V se presenta la ubicación de estas estaciones. La Dirección General de Protección Civil dispone también de una Red de Alerta a la Radiactividad (RAR), constituida por unos 900 puntos de medida de la tasa de radiación.

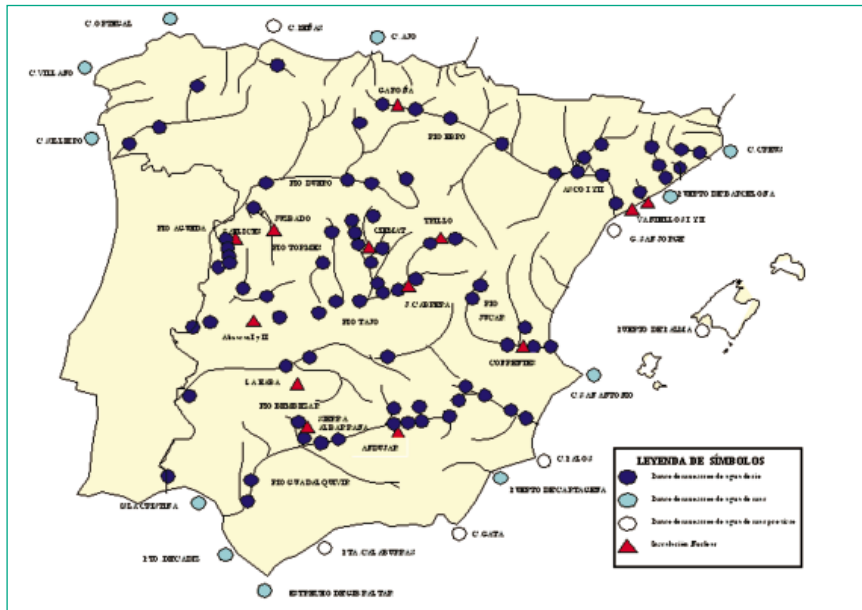
La Red ha alcanzado un alto nivel de disponibilidad, produciéndose a veces pérdida de datos por circunstancias ajenas, en la mayoría de los casos, a la propia Red. Los resultados de las medidas realizadas en la distintas estaciones muestran valores característicos del fondo radiológico ambiental. En la página Web del CSN se facilita información sobre el valor medio diario y el valor medio correspondiente a los treinta días anteriores de la tasa de dosis de cada una de las estaciones de la REA, así como un archivo histórico de los mismos datos para hacer posible la consulta en períodos de tiempo más extensos.

Red de Estaciones de Muestreo (REM)

La red de estaciones de muestreo incluye programas de vigilancia del medio acuático, tanto de aguas continentales como costeras y de la atmósfera y el medio terrestre. Para la ejecución de estos programas el CSN ha establecido acuerdos específicos de colaboración con el

* " Cada Estado miembro creará las instalaciones necesarias a fin de controlar de modo permanente el índice de radiactividad de la atmósfera, de las aguas y del suelo, así como la observancia de las normas básicas. La Comisión tendrá derecho de acceso a estas instalaciones de control y podrá verificar su cumplimiento y eficacia".

*** La información relativa a los controles mencionados en el artículo 35 será comunicada regularmente por las autoridades competentes a la Comisión, a fin de tenerla al corriente del índice de radiactividad que pudiera afectar a la población".



F7- Red de estaciones de muestreo de aguas continentales y costeras del CSN

TABLA 5. PROGRAMA DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA AMBIENTAL ALREDEDOR DE LAS II CC

TIPO DE MUESTRA	ANÁLISIS REALIZADOS
AIRE	Actividad a-total, U-nat, Th-230, Pb-210. Rn-222
AGUA POTABLE	Actividad a-total, U-nat, Ra-226, Th-230, Pb-210
AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	Actividad a-total, Actividad β -Total, Actividad β -Resto U-nat, Ra-226, Th-230, Pb-210
SUELOS	Actividad a-total, U-nat, Ra-226, Th-230, Pb-210
SEDIMENTOS Y ORGANISMOS INDICADORES	Actividad a-total, Actividad β -Total, Actividad β -Resto, U-nat, Ra-226, Th-230
LECHE, CARNE Y CULTIVOS	Actividad a-total, U-nat, Ra-226, Th-230, Pb-210

TABLA 6. RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS. VARIABLES VIGILADAS

DATOS RADIOLÓGICOS	DATOS METEOROLÓGICOS
Concentración de actividad alfa total Concentración de actividad beta total Concentración de I-131 Concentración de radón Niveles de radiación gamma	Velocidad del viento Dirección del viento Desviación típica de la dirección del viento Gradiente de temperatura Humedad relativa del aire Precipitación Radiación solar

Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del Ministerio de Fomento, que venía realizando una vigilancia radiológica de los principales ríos españoles desde 1978, y con 18 Laboratorios de diversas Universidades (Tabla 7), que realizan los programas de muestreo en el entorno del campus universitario. El CEDEX lleva a cabo un programa de vigilancia en los ríos de las principales cuencas hidrográficas españolas, con más de 80 puntos de muestreo y facilita también al CSN los resultados de los controles radiológicos del agua potable en diversas zonas del país.

En las Figuras VI y VII se recoge la ubicación de los puntos de muestreo y en las Tablas 8 y 9 se resumen los programas desarrollados actualmente.

Tratado de Euratom. Sin embargo, ante las diferentes prácticas seguidas, se solicitó a la Comisión el desarrollo de una recomendación sobre los requisitos mínimos para dar cumplimiento a estos artículos; la recomendación ha sido elaborada por el grupo de expertos de los artículos 35 y 36, al que pertenecen técnicos del CSN, y su publicación está prevista para mediados de 1999.

En los últimos años se ha ido consolidando en los países de la Unión Europea la implantación de dos redes de vigilancia:

- Una *Red Densa*, con numerosos puntos de muestreo, y en la que los niveles inferiores de detección requeridos son relativamente elevados.

La red densa española está constituida actualmente por 28 puntos de la REA, 18

puntos de muestreo de aire, unos 85 de muestreo de aguas superficiales interiores, 11 de agua de mar en el perímetro costero y 23 de agua potable; la adaptación a la futura recomendación de la Comisión requerirá el análisis de muestras de leche y de la denominada dieta tipo.

- Una *Red Espaciada*, constituida por muy pocos puntos de muestreo y donde se requieren unos límites inferiores de detección muy bajos, de modo que siempre se obtengan valores por encima de estos, para poder seguir la evolución de las concentraciones de actividad a lo largo del tiempo.

En España aún no está implantada la red espaciada, si se exceptúa la estación de muestreo de aire de alto flujo del CIE-MAT y algunas otras muestras que cumplen los requisitos de la misma; actualmente esta red se encuentra en fase de diseño y se prevé que esté constituida por cinco puntos, teniendo en cuenta la superficie del país.

El CSN ha realizado un estudio sobre los requisitos necesarios para adaptar la vigilancia de ámbito nacional a la Recomendación de la Comisión, con vistas a una implantación completa de la misma en un futuro próximo.

PROGRAMAS DE GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD. NORMALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS

La medida de la radiactividad en las muestras ambientales implica un amplio proceso, que incluye desde recogida y preparación de muestras representativas y el análisis químico de las mismas, hasta la calibración de los equipos de medida; la fiabilidad del resultado final no puede ser evaluada de manera simple, siendo necesario considerar las distintas etapas del proceso. La calidad de los resultados obtenidos en los programas de vigilancia radiológica ambiental ha sido una preocupación constante del CSN y las instalaciones; ya en 1987 el CSN desarrolló un documento sobre garantía de calidad en estos programas, que fue discutido en 1989 en una reunión con 12 laboratorios de medida de baja actividad.

En las instalaciones nucleares, donde los sistemas de calidad se han aplicado desde la fase de proyecto, las medidas de la radiactividad se encuentran integradas en sus programas de calidad; por lo que respecta a los aspectos técnicos, en los MCDE se incluye la relación de todos los procedimientos de aplicación para el adecuado desarrollo de los programas de control de efluentes y de vigilancia radiológica ambiental; en estos últimos, se requiere, como ya se ha

TABLA 7. LABORATORIOS PARTICIPANTES EN LA REM

Comunidad Autónoma	Laboratorio
EXTREMADURA	U. EXTREMADURA (Badajoz). Cátedra de Física Atómica, Molecular y Nuclear
	U. EXTREMADURA (Cáceres). Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Departamento de Física
BALEARES	U. ISLAS.BALEARES Dpto. de Física (Física Atómica, Molecular y Nuclear) y Departamento de Química
CANTABRIA	U. CANTABRIA. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Cátedra de Física Médica. Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas
ANDALUCIA	U. GRANADA. Laboratorio de Radioquímica y Radiología Ambiental. Departamento de Química Inorgánica. Facultad de Ciencias
	U. MALAGA. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Departamento de Física Aplicada. Facultad de Ciencias
	U. SEVILLA. Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear. Facultad de Físicas
CASTILLA LEÓN	U. LEÓN. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Departamento de Física, Química y Expresión Gráfica. Facultad de Biológicas
	U. SALAMANCA. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Cátedra de Física Nuclear. Facultad de Física
CANARIAS	U. LA LAGUNA. (Tenerife). Departamento de Medicina Física y Farmacología. Cátedra de Física Médica. Facultad de Medicina
MADRID	U. POLITÉCNICA. Laboratorio de Ingeniería Nuclear. Departamento de Hidráulica y Energética. E. T. S. I. Caminos, Canales y Puertos
PAÍS VASCO	U. PAÍS VASCO. Departamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos. E. T. S. Ingenieros Industriales y de Telecomunicación
VALENCIA	U. DE VALENCIA. Edif. Investigación. Laboratorio de Radiactividad Ambiental
	U. POLITÉCNICA. Laboratorio de Radiactividad Ambiental. Servicio de Radiaciones. Dpto. de Ingeniería Química y Nuclear
CASTILLA LA MANCHA*	U. CASTILLA LA MANCHA (CIUDAD REAL). Centro de Instrumentación Científica, Análisis y Tecnología
GALICIA*	U. LA CORUÑA. (Ferrol) Departamento de Química Analítica. Escuela Universitaria Politécnica
ASTURIAS*	U. ASTURIAS. (Oviedo) Laboratorio de Energía Nuclear. E. T. S. Ingenieros de Minas
ARAGÓN*	U. ZARAGOZA. Cátedra de Física Atómica, Molecular y Nuclear. Facultad de Ciencias

* Incorporados a la REM en 1997

indicado anteriormente, que los titulares apliquen un control de calidad analítico con un alcance entre el 5 y el 15% de las muestras. En la REM se establecieron desde su implantación algunos elementos básicos de los sistemas de calidad; así, en los acuerdos de colaboración entre el CSN y las Universidades se requirió el desarrollo de un documento técnico, previo a la incorporación a esta red, que incluyera, entre otros aspectos:

- una descripción de los equipos de toma de muestras, detección y medida
- los procedimientos de muestreo, análisis y medida utilizados por el laboratorio
- un programa de garantía de calidad de las medidas realizadas
- la participación en ejercicios de intercomparación analítica organizados por el CSN.

La aplicación de sistemas de calidad que integren de una forma global la estructura de la organización, las responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos necesarios para llevar a cabo una adecuada gestión de la calidad, constituye un medio eficaz para conseguir los objetivos requeridos; por ello, en 1997 el Consejo solicitó a los participantes en la REM el desarrollo de Manuales de Calidad y un programa para su establecimiento, implantación y optimización.

Para verificar que los programas de garantía de calidad establecidos se aplican adecuadamente se introducen en las propias organizaciones controles internos y se realizan acciones externas, tales como auditorías y estudios comparativos interlaboratorios. El CSN viene llevando a cabo desde 1992 campañas anuales de

intercomparación analítica utilizando muestras análogas a las que se analizan en los programas de vigilancia radiológica ambiental con la colaboración del CIEMAT, que había realizado de modo independiente estas campañas desde 1985. Recientemente se ha iniciado una colaboración con el OIEA, que facilita las muestras a analizar y utiliza los resultados de algunas campañas españolas en sus estudios inter-laboratorios. En los ejercicios de intercomparación del CSN participan unos 30 laboratorios nacionales que realizan medidas de radiactividad ambiental, a los que en 1997 se incorporó un laboratorio de la Dirección General de Medio Ambiente de Portugal.

Los laboratorios españoles intervienen también en ejercicios a nivel europeo, en el marco de los artículos 35 y 36 del Tratado de Euratom y en otras campañas internacionales. Actualmente el OIEA está iniciando una ejercicio para la evaluación de métodos analíticos en la determinación del Sr-90, en la que participan un elevado número de laboratorios españoles, con la coordinación del CSN y el CIEMAT.

Las campañas de intercomparación han demostrado ser un medio de probada eficacia para mejorar la fiabilidad de los datos obtenidos en los programas de vigilancia radiológica ambiental, mediante la implantación de las lecciones aprendidas en los distintos ejercicios realizados, cuyos resultados se analizan y discuten en las reuniones periódicas del CSN y los laboratorios.

En este contexto, en Septiembre de 1998 se celebraron en Bilbao, organizadas por la E.T.S. Ingenieros Industriales e Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad del País Vasco, bajo el patrocinio de la Sociedad Nuclear Española, unas Jornadas Técnicas sobre "Calidad en el control de la radiactividad ambiental", con la participación de representantes de las instalaciones, laboratorios de medida de la radiactividad ambiental, AENOR, ENAC, OIEA, Unión Europea, CIEMAT y CSN. En las mismas se debatió ampliamente sobre las dificultades que plantea la medida de la radiactividad ambiental, analizándose los problemas más importantes a fin de encontrar soluciones que contribuyan, en último término, a proporcionar una mayor fiabilidad de los resultados de los programas de vigilancia. Como aspectos más problemáticos se identificaron los temas relacionados con la preparación de patrones radiactivos, el cálculo de incertidumbres y la normativa aplicable, acordándose establecer grupos de trabajo en cada una de estas áreas. Se puso, así mismo, de manifiesto el interés de que estos grupos realizaran sus actividades de una forma coordinada con AENOR.

En la reunión anual del CSN y los

TABLA 8. PROGRAMA DE VIGILANCIA DE LA ATMÓSFERA Y EL MEDIO TERRESTRE

TIPO DE MUESTRA	FRECUENCIA DE MUESTREO	TIPO DE ANÁLISIS	FRECUENCIA DE ANÁLISIS
AEROSOLES	Muestreo continuo Cambio de filtro semanal	Alfa y Beta Total, Sr-90, Epectrometría γ	Semana Trimestral Comp.
RADIOYODOS EN AIRE	Muestreo continuo Cambio de filtro semanal	I-131	Semanal
AGUA DE LLUVIA DEPOSITO SECO (*)	Muestreo continuo	Beta total, Sr-90, Epectrometría γ	Mensual Trimestral Comp.
SUELO	Anual	Beta total Espectrometría γ , Sr-90	Anual

(*) Depósito que se recoge en épocas de ausencia de lluvia

laboratorios, celebrada en octubre último, se constituyeron formalmente los tres grupos trabajo: PATRONES, INCERTIDUMBRES y NORMATIVA, nombrándose un coordinador en cada uno de ellos. Estos grupos han iniciado ya sus actividades, manteniendo reuniones de coordinación; en el Grupo de Normas, se han establecidos subgrupos de trabajo para el desarrollo de procedimientos en las principales etapas del proceso de medida de la radiactividad en las muestra ambientales: Muestreo, Preservación y preparación de muestras, Métodos analíticos y Equipos de medida. Teniendo en cuenta los aspectos considerados prioritarios, se han creado grupos específicos para el desarrollo de procedimientos de muestreo de suelos y de agua, procedimientos analíticos de Sr-90 en suelos y de actividad beta total y beta resto en agua y un procedimiento para la calibración de equipos de espectrometría gamma. Estos grupos se integrarán en el Subcomité de Seguridad, Protección Radiológica y Medio Ambiente (SC-03) del Comité Técnico de Normalización de AENOR.

CONCLUSIONES

De los resultados de los programas de vigilancia y control de efluentes en las instalaciones del ciclo del combustible nuclear españolas y de los programas de vigilancia radiológica ambiental, tanto en su zona de influencia como a nivel nacional, se deduce lo siguiente:

- Los vertidos radiactivos son equiparables a los de otras instalaciones europeas y americanas semejantes; las dosis debidas a los mismo, estimadas de forma conservadora, son muy inferiores a los límites de dosis al público y representan una pequeña fracción de la limitación de efluentes.

- En los PVRA, las vías de transferencia con mayor incidencia en la dosis potenciales al público, no muestran incrementos significativos sobre el fondo radiológico; en las vías de transferencia acumulativas se producen los incrementos que cabría esperar dadas sus características.

- Las medidas realizadas en las distintas estaciones de la REA muestran valores característicos del fondo radiológico ambiental.

- En la REM:

- Los análisis de las muestras de aire y deposición muestran generalmente valores homogéneos y coherentes con los niveles del fondo radiactivo.

- En los ríos, la concentración de actividad alfa y beta total refleja las características del terreno, la incidencia de los vertidos orgánicos de las ciudades y la existencia de cultivos, detectándose a veces isótopos presentes en los abonos. No se han detectado isótopos artificiales emisores gamma en ninguno de los ríos vigilados. A veces se observa un incremento de la concentración de tritio aguas abajo de las centrales nucleares.

- Las aguas costeras presentan resultados coherentes con su elevado contenido en sales, en concreto, en el índice de actividad beta total.

- La implantación de los Manuales de Calidad y el desarrollo de procedimientos normalizados, junto con los ejercicios de intercomparación que lleva a cabo anualmente el CSN, constituyen medios eficaces para garantizar la adecuada fiabilidad de los resultados de los programas de vigilancia.

REFERENCIAS

(1) Reglamento de protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes. Real Decreto 53/1992.

(2) European Commission. EUR 15760.

Methodology for Assessing the Radiological Consequences of routine releases of radionuclides to the environment.

(3) US. NRC. Generic Letter 89-01.

Guidance for the Implementation of Programmatic Controls RETS in the Administrative Control Section of Technical Specifications.

(4) CSN Guía de Seguridad 1.04.

Control y vigilancia radiológica de efluentes radiactivos líquidos y gaseosos (1988).

(5) IAEA. Monitoring of Airborne and Liquid Radioactive Releases from Nuclear Facilities to the. Safety Series N° 46 (1978)

(6) IAEA. Principles for Limiting Releases of Radioactive Effluents into the Environment. Safety Series N° 77 (1986).

(7) US NRC. Regulatory Guide 4.8.

Environmental Technical Specifications for Nuclear Power Plants.

(8) JEN. Guía GSN-03/76. Guía para el establecimiento de un programa de vigilancia radiológica ambiental en las zonas de influencia de las centrales nucleares.

(9) JEN. Guía GSN-09/78. Programa de vigilancia radiológica ambiental para centrales nucleares de potencia.

(10) CSN Guía de Seguridad 4.01. Diseño y desarrollo del programa de vigilancia radiológica ambiental para centrales nucleares. 1993

(11) US Nuclear Regulatory Commission. Regulatory Guide 4.14.

Radiological Effluent and Environmental Monitoring at Uranium Mills. (1980)

(12) IAEA. Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Population. Publication 43 (1985).



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 funciones de Jefa de Proyecto de centros nucleares de investigación y Jefa de la Unidad de Efluentes Radiactivos; desde 1996 es Jefa del Área de Protección Radiológica del Público y del Medio Ambiente. Participa regularmente en grupos de trabajo internacionales y nacionales sobre la elaboración de recomendaciones y desarrollo normativo en materia de vertidos radiactivos y su impacto ambiental, y es representante español en el Comité de Expertos del Artículo 37 del Tratado de EURATOM.