



MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD

*isc*  
Instituto  
de Salud  
Carlos III

*cnsa*

**Centro Nacional de Sanidad Ambiental**

**INFORME DE LA PARTICIPACIÓN DEL  
CENTRO NACIONAL DE SANIDAD AMBIENTAL  
(INSTITUTO DE SALUD CARLOS III)  
EN EL EJERCICIO CURIEX 2013**

**(5-7 noviembre 2013)**



- Dirección por el Centro Nacional de Sanidad Ambiental: Dr. Francisco José Ruiz Boada. (Director del Centro Nacional de Sanidad Ambiental)
- Coordinación General por el Centro Nacional de Sanidad Ambiental: Dra. Rosalía Fernández Patier (Jefa del Área de Contaminación Atmosférica del Centro Nacional de Sanidad Ambiental)
- Coordinación operativa por el Centro Nacional de Sanidad Ambiental: D.<sup>a</sup> Antonia Garcés de Marcilla (Jefa del Área de Coordinación de Contaminación Hídrica y Radioprotección).

# INDICE

## 1. Antecedentes

## 2. Introducción

## 3. Objetivos

## 4. Secuencia del simulacro

## 5. Recursos humanos y materiales

5.1 Personal participante en el ejercicio "in situ"

5.2 Personal participante en laboratorio permanente

5.3 Equipos científicos utilizados

5.4 Unidades móviles

5.5 Comunicaciones

5.6 Equipamiento del personal actuante

## 6. Planificación

6.1 Integración en el Comité Estatal de Protección Civil

6.2 Visitas de campo

6.3 Plan de medición

6.4 Planes de calidad

6.5 Cualificación del personal participante en el ejercicio

## 7. Actuaciones realizadas en el ejercicio

7.1 Actuaciones de coordinación

7.2 Actuaciones científico- técnicas

7.2.1 Rutas de tomas de muestras

7.2.2 Tomas de muestras

7.2.2.1 Toma de muestras de aire

7.2.2.2 Toma de muestras de agua de consumo

7.2.2.3 Toma de muestras de aguas continentales

- 7.2.2.4 Toma de muestras de sedimentos
- 7.2.2.5 Toma de muestras de suelos
- 7.2.2.6 Toma de muestras de alimentos
- 7.2.3 Responsables de toma de muestras
- 7.2.4 Transporte de muestras
- 7.2.5 Recepción en el CNSA (laboratorio "in situ" y laboratorio permanente)
- 7.2.6 Análisis de las muestras
- 7.2.7 Metodología analítica
  - 7.2.7.1 Determinación de emisores gamma
  - 7.2.7.2 Determinación de la actividad de tritio en agua
  - 7.2.7.3 Determinación de la actividad alfa total en agua
  - 7.2.7.4 Determinación de la actividad beta residual en agua
  - 7.2.7.5 Determinación del índice de actividad de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$  en agua
  - 7.2.7.6 Determinación del índice de actividad de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$  en muestras sólidas

## **8. Resultados**

## **9. Evaluación de los resultados**

## 1. ANTECEDENTES

Desde principios del siglo XIX el desarrollo industrial y tecnológico supuso un notable aumento de la calidad de vida del ser humano debido, entre otros aspectos, a la mejora en los servicios enfocados a cubrir sus necesidades básicas, tales como, transporte, comunicaciones, sanidad, alimentación, etc.

En igual medida, el crecimiento industrial y tecnológico lleva aparejado un aumento del riesgo medioambiental y sanitario, partiendo de la premisa de que el riesgo "0" no existe. A lo largo de los últimos años, en España se han producido diferentes episodios más o menos graves de emergencias ambientales. Así, cabe citar el desastre ecológico en Aznalcóllar (Sevilla) (1998), producido por la rotura de la presa de una balsa minera con el consecuente vertido de lodos tóxicos en el entorno del Parque Nacional de Doñana, y el accidente del buque petrolero "Prestige" (2002), que vertió su carga de fuel, frente a la costa de la Muerte, en La Coruña.

Aunque, el Centro Nacional de Sanidad Ambiental (CNSA) dispone de capacidades relevantes en el ámbito del asesoramiento y análisis de este tipo de episodios, no ha participado, en los últimos tiempos, directamente en el apoyo a su resolución, restando sin duda, eficiencia en la gestión de los mismos, siempre desde el punto de vista científico-técnico en el ámbito de la salud ambiental.

Con el fin de paliar esta situación, el CNSA, en base a su experiencia, conocimiento científico y recursos tecnológicos, y para dar cumplimiento a su principal función, de servir como apoyo científico-técnico a las Administraciones Públicas, en aspectos sanitarios relacionados con el medio ambiente, según lo dispuesto en el Real Decreto 252/1974 de 25 enero, sobre estructura, organización y régimen de funcionamiento del Organismo autónomo "Administración Institucional de la Sanidad Nacional", creó a finales del año 2012, una Unidad de Emergencias (UEM) constituida por las capacidades, tanto de personal como de medios, existentes en sus diferentes Áreas, Servicios y Unidades.

El CNSA, a través de su Unidad de Emergencias ha participado en el Ejercicio de emergencia GAMMA "Palazuelos 2013", celebrado del 8 al 11 de marzo de 2013,

ejercicio coordinado por la Unidad Militar de Emergencias y que sirvió como una primera experiencia operativa de la Unidad de Emergencias del CNSA y como base para verificar y mejorar los planes de actuación, elaborados al efecto.

En noviembre de 2013, la UEM tuvo una nueva oportunidad de comprobar su efectividad, verificar sus capacidades y la mejora de sus planes de actuación, así como la integración como recurso estatal en los otros recursos desplegados en las zonas de planificación, ante el ejercicio CURIEX 2013, coordinado por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias (DGPCYE) del Ministerio del Interior.

El presente informe de la UEM del CNSA en el ejercicio CURIEX 2013 expone las diferentes actuaciones realizadas por la UEM durante dicho ejercicio.

La Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Ministerio del Interior y el Instituto de Salud Carlos III (CNSA) han firmado una Encomienda de Gestión para la participación del Centro Nacional de Sanidad Ambiental en el ejercicio CURIEX 2013.

## **2. INTRODUCCIÓN**

Cáceres Urgent Response International Exercise (CURIEX 2013), fue un proyecto financiado por el instrumento de protección civil de la Unión Europea, y se trató de un simulacro general de intervención en respuesta a un supuesto accidente nuclear en el entorno exterior de la Central Nuclear de Almaraz (Cáceres).

El ejercicio CURIEX 2013 se celebró los días 5, 6 y 7 de noviembre de 2013 en Almaraz (Cáceres).

Como objetivos del ejercicio CURIEX 2013 se destacan, a nivel nacional, la puesta en marcha de la organización completa prevista en el Plan de Emergencia nuclear de Cáceres (PENCA) y el Nivel Central de Respuesta y Apoyo (PENCRA). A nivel internacional, el ensayo y comprobación de los procedimientos previstos en el Mecanismo Comunitario de Protección Civil (MIC) de ensayo y coordinación de equipos europeos sobre el terreno (Francia, Bélgica, Italia y Portugal).

Dadas las características de actuación de la UEM del CNSA en diferentes matrices ambientales, la DGPCYE estimó necesaria su participación en el ejercicio CURIEX, especialmente en lo relacionado con el análisis de alimentos y aguas, además de otras capacidades en coordinación con el Grupo Radiológico del PENCA.

El CNSA, dispone de un Servicio de Radioprotección que tiene la capacidad de realizar los análisis de alimentos y aguas, procedentes de zonas afectadas por un accidente nuclear con liberación de nube radiactiva al exterior, como así lo demostró “in situ” durante el ejercicio. De hecho, ya realizó estas funciones en la catástrofe de Chernóbil y Fukushima, en lo referente al análisis de alimentos, estando a la espera de ser designado como Laboratorio de Referencia a estos efectos por las autoridades competentes.

También, aprovechando esta oportunidad desde el punto de vista de contaminación atmosférica, se pretendió hacer un primer estudio de la actividad y peso específico de las partículas, especialmente partículas PM10 y PM2,5, así como de los depósitos totales, en el caso de una nube radiactiva.

### **3. OBJETIVOS**

Los objetivos del CNSA en el ejercicio CURIEX 2013 fueron, principalmente, evaluar los procedimientos y protocolos elaborados para la actuación de la Unidad de Emergencia del CNSA. Igualmente, se pretendió valorar los planes de calidad para la intervención con fines ambientales en un supuesto como el realizado.

Durante el ejercicio, se pusieron en práctica las diferentes técnicas de toma de muestras en diferentes matrices, su transporte al laboratorio “in situ” y al laboratorio permanente y el análisis en ambos laboratorios, así como las tareas de coordinación del equipo de intervención del CNSA y su integración en el dispositivo operativo de la emergencia.

Se valoraron igualmente los mecanismos de comunicación y transmisión de datos entre el equipo de intervención del CNSA y la Coordinación del CNSA de la emergencia y de esta con la Dirección de la emergencia del CNSA. También se evaluó la participación en el CECO.

#### 4. SECUENCIA DEL SIMULACRO

Se diseñó la actuación y participación durante el ejercicio en dos fases. La fase principal se correspondía con la fase urgente de la emergencia y se desarrolló durante los dos primeros días. Durante el tercer día, se simularon las acciones a aplicar durante una fase de recuperación del accidente, simulando un salto en el tiempo de más de 10 días.

La secuencia general del simulacro fue:

##### Primer día

- Suceso iniciador en el interior de la Central, que evoluciono hasta accidente de categoría IV. Como consecuencia, se procedió a evacuar preventivamente a la población de la zona de atención preferente y se pusieron en práctica las demás medidas de protección urgentes previstas en el PENCA.
- Se activó el PENCA y se mantuvo informado al MIC.
- Se definieron y activaron los apoyos del nivel central de respuesta y se solicitó ayuda internacional.
- **Se produjo una pequeña emisión radiactiva a la atmósfera que se prolongó durante la noche.**
- Se recibieron los equipos de ayuda internacional, previa petición al MIC

##### Segundo día

- La evolución de la situación radiológica en determinadas zonas aconsejó la evacuación de la población residente en las mismas.
- Actuaron los equipos proporcionados por el nivel central de respuesta y los equipos de ayuda internacional.
- **Se iniciaron las tareas de caracterización radiológica de las áreas potencialmente afectadas por la emisión radiactiva.**
- **Se desarrollaron actividades para la elaboración de un programa de control de alimentos y agua, así como las más perentorias de limitación de la contaminación radiactiva, seguimiento sanitario de la población, etc.**



### Tercer día (ejercicio de mesa)

- **Se concluyó la caracterización radiológica del área afectada.**
- **Se pusieron en práctica medidas de control de alimentos y agua para consumo (simulación de metodología de toma de muestra para posterior análisis).**
- **Se acordaron con las autoridades portuguesas (simulado mediante el equipo de intervención desplazado por Portugal) los procedimientos de control analítico sistemático de las aguas del Tajo en las proximidades de la zona fronteriza y se simuló su puesta en práctica.**
- **Se comenzaron las actividades de descontaminación en zona urbana.**
- **Se realizó una reunión de evaluación “en caliente”.**

## **5. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES**

### **5.1 Personal participante en el ejercicio “in situ”**

<b>NOMBRE</b>	<b>CARGO</b>
<b>Dr. Francisco José Ruiz Boada FRB</b>	Director del Centro Nacional de Sanidad Ambiental (CNSA)
<b>Dra. Rosalía Fernández Patier RFP</b>	Responsable Técnico del Área de Contaminación Atmosférica (ACA)
<b>D.ª Antonia Garcés de Marcilla AGM</b>	Área de Coordinación Servicio de Contaminación Hídrica y Radioprotección
<b>D. Saúl García dos Santos-Alves SGD</b>	Responsable de la Unidades de laboratorio de Gravimetría y Captadores Manuales del ACA.
<b>D. Jesús Alonso Herreros JAH</b>	Responsable de la Unidad de laboratorio de Absorción Atómica del ACA
<b>Dra. Sonia Aguayo Balsas SAB</b>	Responsable Técnico de la Unidad de contaminación Hídrica del CNSA
<b>D. Jesús Castro Catalina JCC</b>	Responsable Técnico del Servicio de Radioprotección (RP)
<b>D.ª Mª Elena Veiga Ochoa EVO</b>	Responsable de la Unidad de laboratorio de Análisis de Contaminación Radioactiva $\alpha$ y $\beta$ del Servicio de RP
<b>D.ª Cristina Grande Vicente CGV</b>	Ayudante de investigación del Servicio de Radioprotección

**Tabla 1- Personal del CNSA participante “in situ”**

En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo operativo del equipo de intervención de la UEM del CNSA.

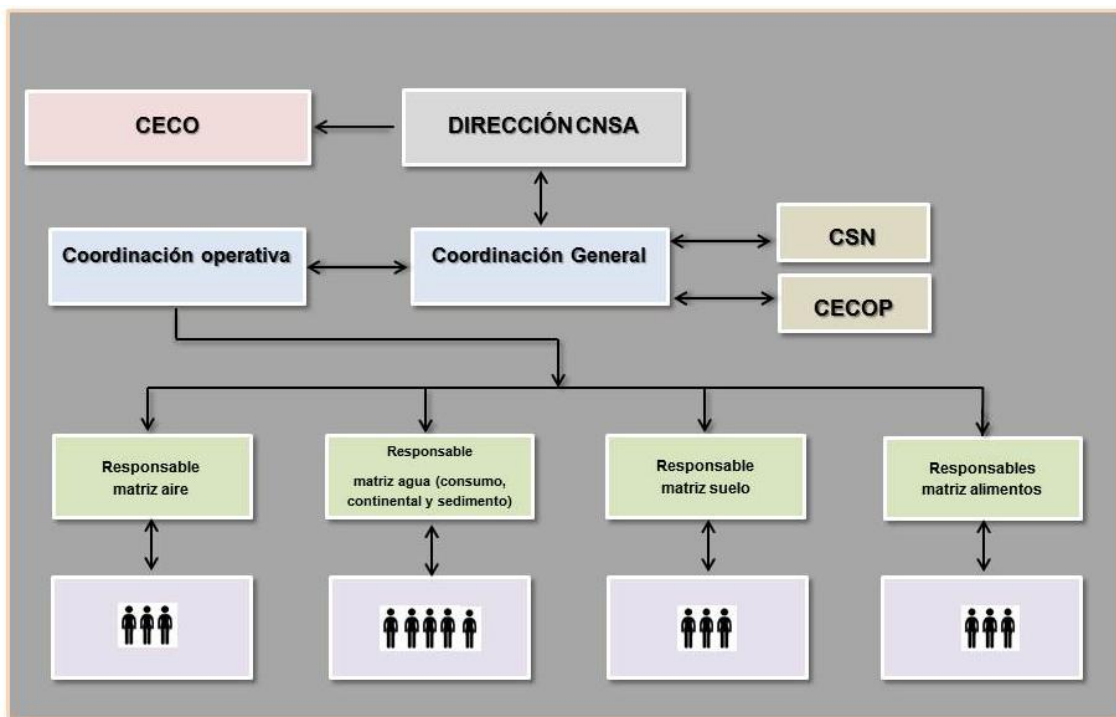


Figura 1- Diagrama de intervención de la UEM del CNSA en el ejercicio CURIEX 2013

Como se indica en el POG\_CNSA\_ 31, Procedimiento Operativo General de actuación del Centro Nacional de Sanidad Ambiental frente a situaciones de emergencia ambiental, el CNSA no actúa como un grupo operativo de primera intervención en la fase urgente de la emergencia, sino en la fase de recuperación y posemergencia.

## 5.2 Personal participante en laboratorio permanente

El personal del Servicio de Radioprotección para el análisis de muestras ambientales y alimentos.

## 5.3 Equipos científicos utilizados

En base a las características de la emergencia se procedió previamente a la selección de los equipos científicos destinados a desplegarse en la zona afectada. En la tabla 2 se

muestra el listado de los equipos científicos desplegados a la zona afectada y los parámetros objeto de medición.

No se necesitó ningún equipo científico para la toma de muestra de alimentos.

EQUIPOS	PARÁMETROS
2 Monitores de contaminación superficial Berthold LB 124	Contaminación superficial beta/gamma
2 Monitores de tasa de dosis de radiación	Tasa de dosis
1 Detector de centelleo líquido Triathler	Tritio en agua
1 Detector de espectrometría gamma LaBr	Isótopos emisores de radiación gamma ( $^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ ) en alimentos, agua, suelo y sedimentos
10 dosímetros electrónicos MK2	Dosis personal $H_p(10)$ y $H_p(0,07)$
10 dosímetros pasivos	Dosis personal $H_p(10)$ y $H_p(0,07)$
2 Captadores de partículas de PM10	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$
2 Captadores de partículas de PM 2,5	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$
2 Captadores de depósitos totales	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$
Toma de muestras de agua	Alfa total, beta resto, $^3\text{H}$ , $^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{89}\text{Sr}$ y $^{90}\text{Sr}$
Toma de muestras de suelos	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$
Toma de muestras de sedimentos	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$

Tabla 2- Equipos utilizados

#### 5.4 Unidades móviles

Para el ejercicio CURIEX 2013 se utilizaron dos unidades móviles del CNSA (figuras 2 y 3) y un vehículo de apoyo todo terreno del CNSA. La unidad móvil 1 durante el ejercicio CURIEX 2013 se transformó en laboratorio "in situ".



Figura 2- Unidad móvil 1



Figura 3- Unidad móvil 2

## **5.5 Comunicaciones**

Durante el Ejercicio CURIEX 2013, el equipo de intervención del CNSA estuvo conectado entre sí mediante telefonía móvil.

Para reportar datos al Grupo Radiológico en el que estaba integrado el CNSA, al no disponer la UEM del CNSA de un sistema de transmisión de datos directos con la SALEM (Sala de Emergencias del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)), el CNSA envió a la SALEM los informes de los parámetros radiológicos medidos por vía correo electrónico, así como se comunicó directamente al Oficial del Enlace del CSN destacado en Navalmoral de la Mata.

## **5.6 Equipamiento del personal actuante**

El CNSA dotó a todos los participantes en el ejercicio CURIEX 2013 de equipamiento de seguridad para la actuación en situaciones de emergencias, como prendas de abrigo contra el frío, calzado de seguridad para trabajos con equipos pesados y chalecos reflectantes para ser vistos en situaciones de baja visibilidad.

Además, debido a las características de este simulacro se dotó de equipos de protección individual adecuados, tales como monos tyvek, guantes, calzas y mascarilla.

El equipo de intervención dispuso además de los siguientes medios y recursos:

- Dosímetros electrónicos MK2.
- Dosímetros personales pasivos TLD.
- Monitores de tasa de dosis de radiación.
- Monitores de contaminación superficial.

## **6. PLANIFICACIÓN**

Para la actuación en casos de emergencias, el CNSA dispone de un procedimiento

operativo general de actuación del Centro Nacional de Sanidad Ambiental frente a situaciones de emergencia ambiental (POG\_CNSA\_31).

La planificación para este caso específico comprendió una serie de actuaciones previas, basadas fundamentalmente en la localización de los posibles puntos de toma de muestras y medición “in situ” y la elaboración o revisión, según fuese necesario, de procedimientos de ensayo, de transporte y planes de calidad así como diferentes reuniones técnicas de coordinación general.

### **6.1 Integración en el Comité Estatal de Protección Civil**

El día 4 de octubre de 2013 se constituyó el Comité Estatal de Coordinación (CECO), coordinado por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, previsto para el ejercicio CURIEX 2013, en el cual se integró el CNSA.

### **6.2 Visitas de campo**

Antes del ejercicio, el CNSA realizó una visita de campo el día 23 de octubre de 2013 a las zonas posiblemente afectadas.

En ella, se realizó la revisión del sitio (posibles puntos de tomas de muestras), con las ubicaciones estratégicas en mapas de la zona, cumplimentándose los formatos específicos indicados en los planes de calidad de cada Área o Unidad y en donde se establecieron, entre otros, posibles ubicaciones y la valoración de la infraestructura existente, así como se procedió a la localización geográfica de dichos puntos de toma de muestra.

### **6.3 Plan de medición**

Al mismo tiempo que la revisión del sitio se procedió a elaborar el plan de medición, fase previa a la ejecución de la medición o toma de muestra, cumplimentándose los formatos específicos indicados en los correspondientes planes de calidad.

#### **6.4 Planes de calidad**

Las distintas áreas y unidades del CNSA tienen desarrollado planes de calidad para actuación en situaciones de emergencia. En dichos planes de calidad se establecen los recursos, secuencia de operaciones, personal y técnicas operativas para la actuación en emergencias. Estos planes de calidad son:

- POG\_CNSA\_31 ed. 2, de 6 de octubre de 2013: Procedimiento Operativo General de actuación del centro Nacional de sanidad Ambiental frente a situaciones de emergencia ambiental.
- PC\_CNSA\_CA\_73 ed. 2, de 17 de octubre de 2013: Plan de calidad para la determinación de contaminantes atmosféricos por la Unidad de Emergencias del Centro Nacional de Sanidad Ambiental.
- PC\_CNSA\_RP\_03 ed. 1, de 21 de enero de 2013: Plan de calidad para la determinación de dosis personal de radiación fotónica y beta por la Unidad de Emergencias del CNSA.
- PC\_CNSA\_CH\_03 ed. 2 de 10 de octubre de 2013: Plan de calidad para la determinación de contaminantes en agua y suelo por la Unidad de Emergencias del CNSA.
- PC\_CNSA\_RP\_05 ed. 1, de 30 de septiembre de 2013: Plan de calidad para la determinación de contaminantes radiactivos en matrices ambientales y alimentos por la Unidad de Emergencias del CNSA.

#### **6.5 Cualificación del personal participante en el ejercicio**

Con anterioridad al ejercicio, del 28 al 31 de octubre de 2013 se procedió a la cualificación/recualificación (si aplicaba la recualificación) de todo el personal asistente al ejercicio para la toma de muestras de contaminantes atmosféricos, agua, suelo, sedimentos y alimentos. La cualificación consistió en el adiestramiento para la toma de muestras en las matrices ambientales, objeto del ejercicio, del personal participante, bajo la supervisión de los responsables de unidad correspondientes. En el caso del personal

ya cualificado se ha supervisado y por tanto recualificado al mismo en el cumplimiento estricto de los procedimientos de toma de muestras pertinente.

## **7. ACTUACIONES REALIZADAS EN EL EJERCICIO**

### **7.1 Actuaciones de coordinación**

Un representantes del CNSA se incorporo el día 5 de noviembre al Comité Estatal de Coordinación, convocado tras la notificación del accidente y la activación del Plan de Emergencia nuclear de Cáceres, en el mismo y como un apoyo externo de titularidad estatal fue activada la Unidad de Emergencia del CNSA para desplazarse a la zona y coordinarse dentro del Grupo Radiológico.

El día 7 de noviembre, otro representante del CNSA participo en el “ejercicio de mesa”, en el que se discutieron las medidas de protección a la población tras el accidente.

Igualmente el día 7 de noviembre, otro representante del CNSA desplazado a Navalmoral de la Mata participó en el “hot wash exercise workshop”, donde se expusieron los puntos fuertes y débiles de la actuación, así como las lecciones aprendidas y las recomendaciones para la mejora.

### **7.2 Actuaciones científico-técnicas**

#### **7.2.1 Rutas de toma de muestras**

Un controlador del ejercicio por parte del GR del CSN, cada día antes del inicio, facilitó a la UEM del CNSA las rutas asignadas de toma de muestras.

En el caso del CNSA y como se indica posteriormente se tomaron muestras ambientales y de alimentos, para su caracterización “in situ” y/o en el laboratorio permanentes.



En la figura 4 se muestran los puntos de toma de muestra de matrices ambientales y alimentos.

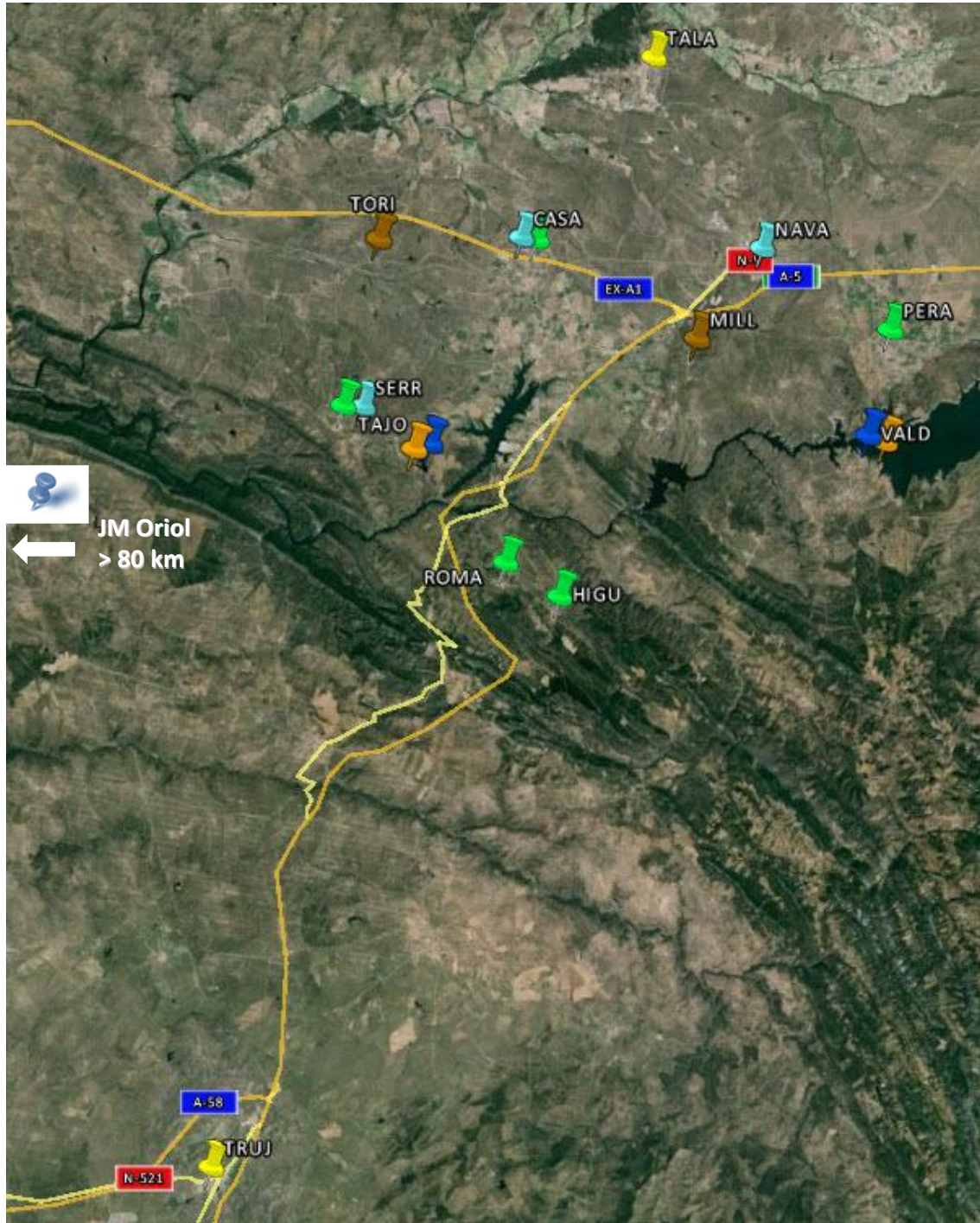


Figura 4 – Puntos de toma de muestras de matrices ambientales y alimentos. ■ Agua de consumo; ■ agua continental; ■ sedimentos; ■ aire; ■ suelos; ■ alimentos

En las rutas asignadas por el Plan del GR al CNSA se plantearon determinaciones de contaminación radiactiva en cuatro matrices ambientales: aire, suelo, sedimentos y agua (de consumo y continental) y en alimentos.

Las figuras 5 y 6 muestran las rutas asignadas y el personal implicado, para las unidades móviles 1 y 2 y para el vehículo de apoyo para los días 5 y 6 de noviembre de 2013, respectivamente. Igualmente en la figura 6 se incluye un vehículo privado.

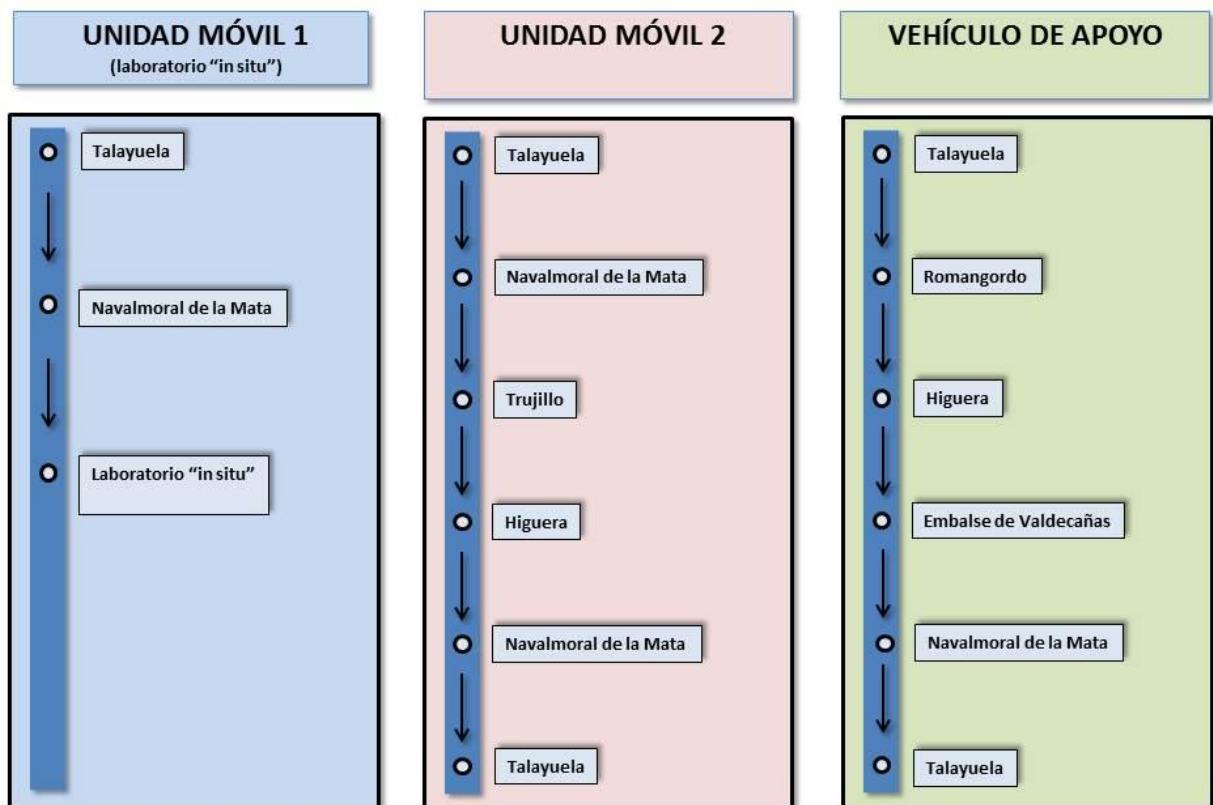


Figura 5- Rutas. Día 5 de noviembre de 2013

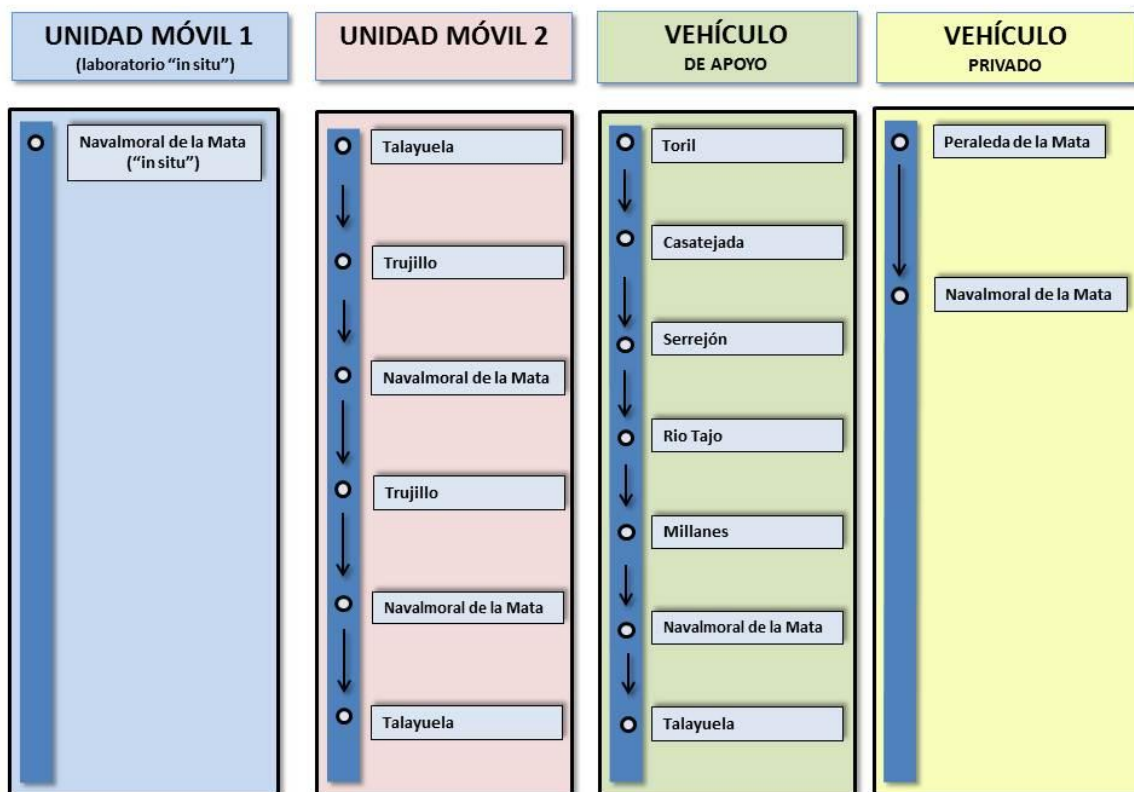


Figura 6- Rutas. Día 6 de noviembre de 2013

El día 7 de noviembre de 2013 se realizó una toma de agua en el embalse de José María Oriol (JMO).

## 7.2.2 Tomas de muestras

### 7.2.2.1 Toma de muestras de aire

Las determinaciones de contaminación radiactiva en aire se realizaron en los puntos indicados por el GR y se determinaron la actividad de  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  en partículas PM10 (partículas menores de 10  $\mu\text{m}$  de diámetro aerodinámico equivalente) y partículas PM2,5 (partículas menores de 2,5  $\mu\text{m}$  de diámetro aerodinámico equivalente), además de determinarse en depósitos totales (suma de partículas, gases y precipitación que se deposita en el suelo por sedimentación y que luego se puede incorporar a la cadena trófica).

### **Captación de partículas PM10**

Se ha realizado la toma de muestras de partículas PM10 (torácicas) según la Norma UNE-EN 12341:1999 (metodo de referencia del RD 102/2011, relativo a la calidad del aire ambiente), utilizando un captador de alto volumen equipado con un cabezal para partículas PM10 y un filtro de fibra de cuarzo de 150 mm de diámetro. El caudal de aspiración fue de  $30 \text{ m}^3/\text{h} \pm 2 \%$ .

### **Captación de partículas PM2,5**

Se ha realizado la toma de muestras de partículas PM2,5 (respirables) según la Norma UNE-EN 14907:2006 (metodo de referencia del RD 102/2011, relativo a la calidad del aire ambiente), utilizando un captador de alto volumen equipado con un cabezal para partículas PM2,5 y un filtro de fibra de cuarzo de 150 mm de diámetro. El caudal de aspiración fue de  $30 \text{ m}^3/\text{h} \pm 2 \%$ .

### **Captación de depósitos totales**

Se ha realizado la toma de muestras de depósitos totales con el captador descrito en la Orden Ministerial de 10 de agosto de 1976, arrastrando hacia el frasco colector, tras el periodo de muestreo, la materia sedimentada depositada en el embudo con alrededor de 500 ml de agua destilada.

El periodo de toma de muestras durante el ejercicio CURIEX 2013 fue variable (desde algunas horas hasta 24 h).

En todos los casos, tanto los equipos como los soportes de muestreo (filtros y botes colectores), una vez transcurrido el periodo de toma de muestras y antes de ser recogidas las mismas, fueron analizados con equipos analizadores de radiación gamma superficial. De esta manera se comprobó que cumplían los criterios establecidos previamente para prevenir riesgos para la salud de los operadores "in situ" y evitar la posterior contaminación radiactiva del laboratorio de análisis.

En la tabla 3 se muestran los puntos de toma de muestras, así como las coordenadas geográficas, código de punto de medición, equipos implicados y localización para la matriz: aire, mientras que la figura 7 presenta los equipos de toma de muestra instalados.

CÓDIGO Punto de MEDICION/TOMA DE MUESTRAS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	EQUIPO	LOCALIZACIÓN
TALA	39° 59'06'' N 5° 36'21'' O	1 captador de depósitos totales 1 captador de partículas PM10 1 captador de partículas PM2,5	Talayuela (cuartel de la Guardia Civil)
TRUJ	39° 27'15'' N 5° 52'58'' O	1 captador de depósitos totales 1 captador de partículas PM10 1 captador de partículas PM2,5	Trujillo (Campo de futbol)

**Tabla 3- Códigos de puntos de medición, coordenadas geográficas, equipos y localizaciones. Aire**



**Figura 7- Equipos de toma de muestras de partículas atmosféricas y depósitos totales**

### **7.2.2.2 Toma de muestras de agua de consumo**

Se realizó la toma de muestra de agua de consumo en grifo que se mantuvieron abiertos previamente durante 2 min. La primera toma fue desechada, para el aclarado del envase. A continuación se tomaron las muestras, llenando los envases por completo para evitar que se formase una cámara de aire que pudiese producir la volatilización de las sustancias objeto de análisis posterior.

Se tomaron muestras puntuales de 2 l en botellas de polietileno. A continuación, se sellaron los envases en doble bolsa para evitar contaminación exterior por vertido accidental del recipiente.

El laboratorio *in situ* recibió las muestras antes de las 8 h desde su recogida.

### **7.2.2.3 Toma de muestras de aguas continentales**

La determinación de contaminación radiactiva en aguas se realizó en muestras de agua de consumo y en aguas continentales del Embalse de Valdecañas, del río Tajo y del embalse de José María Oriol.

Para realizar la toma de muestras se utilizó un equipo toma muestras manual de agua con varilla extensible y pinza de sujeción para envases. La primera muestra siempre fue descartada con el fin de aclarar el envase específico.

Se tomaron muestras puntuales de agua en botellas de polietileno. El volumen de muestra tomada fue de 2 l de agua y los envases se llenaron al completo para evitar la formación de una cámara de aire que favoreciese la volatilización de los compuestos objeto de estudio. A continuación los envases fueron identificados y registrados conforme al sistema de calidad del CNSA.

La figura 8 muestra una toma de muestra de aguas continentales



**Figura 8– Toma de muestra de aguas continentales**

#### **7.2.2.4 Toma de muestras de sedimentos**

La toma de muestras de sedimentos se llevó a cabo mediante el empleo de un equipo para la toma de muestras de suelo no destructivo, tipo Auger, consistente en un equipo toma muestras cilíndrico, con el fin de obtener muestras no perturbadas. Como el diámetro y longitud del cilindro era de aproximadamente 10 cm y 30 cm, respectivamente, se tuvo que repetir la toma de muestras tantas veces como fue necesario para obtener una muestra de 1kg (peso fresco).

Las muestras se introdujeron en botellas de polietileno de 1 l. A continuación se sellaron los envases en doble bolsa para evitar contaminación exterior por vertido accidental del recipiente

La figura 9 muestra una toma de muestra de sedimentos



**Figura 9– Toma de muestra de sedimentos**

En las tablas 4 y 5, se muestran los puntos de toma de muestras, así como las coordenadas geográficas, código de punto de medición, equipos implicados y localización para la matriz agua de consumo y agua continental y sedimentos, respectivamente.

CÓDIGO Punto de MEDICION/TOMA DE MUESTRAS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	EQUIPO	LOCALIZACIÓN
SERR	39° 49' 06'' N 05° 48' 04'' O	1 muestra de agua	Serrejón
CASA	39° 53' 02'' N 05° 41' 18'' O	1 muestra de agua	Casatejada
NAVA	39° 54' 51'' N 05° 33' 29'' O	1 muestra de agua	Navalmoral de la Mata

**Tabla 4- Códigos de puntos de medición, coordenadas geográficas, equipos y localizaciones. Agua de consumo**



CÓDIGO Punto de MEDICION/TOMA DE MUESTRAS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	EQUIPO	LOCALIZACIÓN
VALD	39° 48' 39" N 05° 28' 59" O	1 muestra de agua y 1 de sedimentos	Embalse de Valdecañas
TAJO	39° 47' 02" N 05° 44' 19" O	1 muestra de agua y 1 de sedimentos	Rio Tajo
JMO	39° 43' 02" N 06° 26' 59" O	1 muestra de agua	Embalse de José María Oriol

**Tabla 5- Códigos de puntos de medición, coordenadas geográficas, equipos y localizaciones. Agua continental y sedimento**

#### 7.2.2.5 Toma de muestras de suelos

La toma de muestras de suelos se realizó utilizando un equipo para la toma de muestras de suelo no destructivo, tipo Auger. Se tomaron muestras puntuales de suelo a dos profundidades, en superficie y a 20 cm de profundidad, de 1 kg de peso, que fueron introducidas en bolsas de polietileno debidamente selladas e identificadas.

La figura 10 muestra una toma de muestra de suelos



**Figura 10– Toma de muestra de suelos**

En la tabla 6 se muestran los puntos de toma de muestras, así como las coordenadas geográficas, código de punto de medición, equipos implicados y localización para la matriz: suelo.

CÓDIGO Punto de MEDICION/TOMA DE MUESTRAS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	EQUIPO	LOCALIZACIÓN
TORI	39° 53' 57" N 05° 46' 33" O	1 muestra de suelo	Toril
MILL	39° 50' 45" N 05° 34' 53" O	1 muestra de suelo	Millanes

**Tabla 6- Códigos de puntos de medición, coordenadas geográficas, equipos y localizaciones. Suelo**

#### 7.2.2.6 Toma de muestras de alimentos

Para la toma de muestras de alimentos (leche y vegetales de hoja ancha), se utilizaron botellas de propileno de un litro de capacidad para la leche y bolsas de plástico para los vegetales. Las muestras se almacenaron refrigeradas para su traslado, tanto al laboratorio "in situ" como al laboratorio permanente, debidamente etiquetadas y con los registros que las identifican y describen las condiciones de la toma debidamente completados.

La figura 11 muestra una toma de muestra de alimentos.



**Figura 11- Muestra de leche**

En la tabla 7 se muestran los puntos de toma de muestras, así como las coordenadas geográficas, código de punto de medición, equipos implicados y localización para la matriz: alimentos.

<b>CÓDIGO Punto de MEDICION/TOMA DE MUESTRAS</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
HIGU	39° 43' 28'' N 05° 39' 54'' O	Alimento	Higueras
ROMA	39° 44' 40'' N 05° 42' 11'' O	Alimento	Romangordo
SERR	39° 49' 28'' N 05° 48' 08'' O	Alimento	Serrejón
CASA	39° 53' 02'' N 05° 41' 18'' O	Alimento	Casatejada
PERA	39° 51' 29'' N 05° 27' 55'' O	Alimento	Peraleda de la Mata

**Tabla 7- Códigos de puntos de medición, coordenadas geográficas, equipos y localizaciones. Alimentos**

### **7.2.3 Responsables de toma de muestras**

Para cada matriz se designó un responsable de la toma de muestra junto con el personal implicado en la misma, así como para el análisis “in situ”

### **7.2.4 Transporte de muestras**

Una vez tomadas las muestras e identificadas de acuerdo a la codificación establecida en el Sistema de Calidad del CNSA y en el PNE\_CNSA\_RP\_20, las muestras se transportaron al laboratorio “in situ” del CNSA, instalado en Navalmoral de la Mata. Las muestras que no pudieron ser analizadas “in situ” se transportaron al laboratorio permanente del CNSA.

A modo de resumen, en la tabla 8 se identifican las 30 muestras tomadas y la forma de transporte y conservación. Es necesario tener en cuenta que si bien la temperatura de transporte de muestra no es crítica, se reservaron del calor excesivo.

TIPOS DE MUESTRAS	Nº DE MUESTRAS	TRANSPORTE
Soportes de muestreo (filtros)	8	Recipientes de material plástico y caja metálica
Soportes de depósitos totales	3	Botella de material plástico
Agua continental	2	Nevera
Agua de consumo	3	Nevera
Suelos	2	Nevera
Sedimentos	2	Nevera
Alimentos	10	Nevera

**Tabla 8- Muestras y medios de transporte**

### **7.2.5 Recepción en el CNSA (laboratorio “in situ” y laboratorio permanente)**

Las muestras se recibieron en el laboratorio “in situ”. Las muestras de suelos y sedimentos que necesitan tratamiento de desecación fueron enviadas el día 7 al laboratorio permanente.

### **7.2.6 Análisis de las muestras**

Las muestras (excepto suelos y sedimentos) se analizaron por espectrometría gamma en el laboratorio in situ, así como el tritio en aguas mediante centelleo líquido. Debido al tiempo disponible no pudieron ser analizadas todas por lo que se completaron en el laboratorio permanente.

En las tablas 9 y 10 se muestran los parámetros analizados en el laboratorio “in situ” y en el laboratorio permanente.

MATRIZ	PARÁMETROS
Aire	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$
Agua	$^3\text{H}$ , $^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$
Alimentos	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$

**Tabla 9- Parámetros a determinar en el laboratorio “in situ”**

Las figuras 11 y 12 muestran el laboratorio “in situ” y el detector de espectrometría gamma instalado en el mismo, respectivamente



**Figura 11- Laboratorio “in situ”**



Figura 12- Laboratorio “in situ”

MATRIZ	PARÁMETROS
Aire	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$
Agua	Alfa total, beta resto, $^3\text{H}$ , $^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{89}\text{Sr}$ y $^{90}\text{Sr}$
Suelos	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ ,
Sedimentos	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ ,
Alimentos (no lácteos)	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ ,
Alimentos lácteos	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$

Tabla 10 – Parámetros a determinar en el laboratorio permanente

## 7.2.7 Metodología analítica

### 7.2.7.1 Determinación de emisores gamma

Para la determinación de **emisores gamma** se requiere una homogeneización/trituración previa de la muestra para su posterior medida en un recipiente de igual geometría que la utilizada en la calibración del detector de espectrometría gamma. El equipo, a través del software Genie 2000, permite realizar un análisis de los isótopos gamma presentes en la muestra (véase la figura 13)



Figura 13- Marinellis y detectores de germanio

### 7.2.7.2 Determinación de la actividad de tritio en agua

Para la determinación de la **actividad de tritio** en agua (figura 14), es necesario destilar la muestra en presencia de un agente oxidante para eliminar la posible presencia de materia orgánica. Una alícuota del destilado se mezcla con una cantidad adecuada de líquido de centelleo y se procede a su medida en un detector de centelleo líquido.

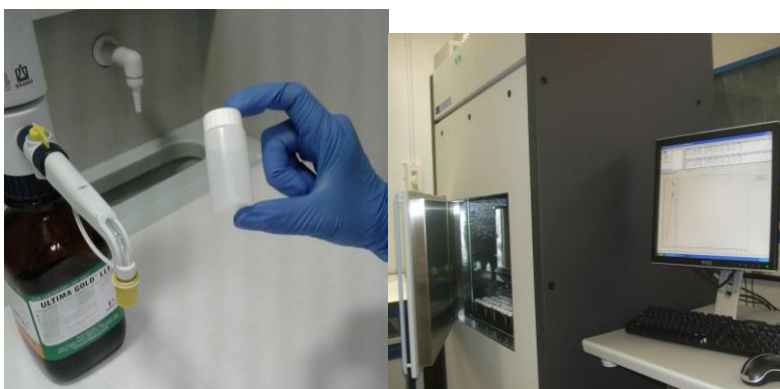


Figura 14- Vial con la muestra y detector de centelleo líquido

### 7.2.7.3 Determinación de la actividad alfa total en agua

Para la determinación de la **actividad alfa total** en agua, se procede a medir la conductividad de la muestra. Si el valor de conductividad es menor de 800 uS/cm, se emplea el método de evaporación y si es mayor o igual a 800 uS/cm, el método de coprecipitación.

El método de evaporación consiste en concentrar la muestra sin que llegue a ebullición hasta un volumen aproximado de 3 a 5 ml. Posteriormente, se acidula con ácido nítrico concentrado, se lleva a sequedad en una plancheta y se estabiliza el peso. Se procede al recuento de las emisiones alfa en un detector de centelleo sólido ZnS (Ag).

El método de coprecipitación requiere llevar a ebullición la muestra. Mediante la adición de portadores de bario y radio, se consigue la precipitación de sulfato de bario e hidróxido de hierro de forma que el radio, el polonio y los actínidos quedan coprecipitados. El procedimiento consta de varias etapas que requieren calentamientos a temperatura controlada, ajustes de pH y finalmente filtración a vacío. Se obtiene un precipitado que se coloca en una plancheta, se estabiliza hasta peso constante y se mide en el detector de centelleo sólido (figura 15).



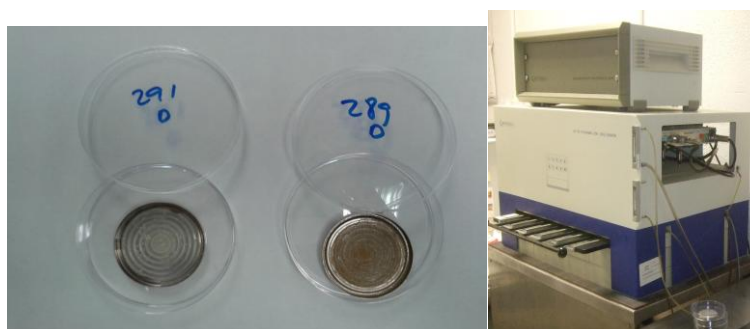
**Figura 15- Filtración (método de coprecipitación) y detector de centelleo sólido**



#### 7.2.7.4 Determinación de la actividad beta residual en agua

Para la determinación de la **actividad beta residual** en agua (figura 16), se emplea el método de evaporación descrito para la determinación de la actividad alfa total. Una vez estabilizado el peso en las planchetas correspondientes se procede al recuento de las emisiones beta en un contador proporcional de bajo fondo, obteniendo de esta forma la actividad beta total.

Para obtener la actividad beta residual, es necesario calcular la concentración de  $^{40}\text{K}$ , emisor beta natural, para ello se determina el potasio presente en la muestra por absorción atómica.



**Figura 16- Muestras en planchetas y contador proporcional de bajo fondo**

#### 7.2.7.5 Determinación del índice de actividad de $^{89}\text{Sr}$ y $^{90}\text{Sr}$ en agua

Para la determinación del **índice de actividad de  $^{89}\text{Sr}$  y  $^{90}\text{Sr}$  en agua** se añaden cantidades conocidas de portadores de estroncio y bario. Ambos portadores y los radionucleidos de estroncio y bario se precipitan como carbonatos (figura 17) y se someten a un proceso de separación y purificación, obteniéndose finalmente un precipitado de carbonato de estroncio que permite el cálculo del rendimiento químico de

todo el proceso y en el cual se realiza un primer contaje beta mediante contador proporcional. Al menos 15 días después de la precipitación del itrio se procede a realizar un segundo recuento.



**Figura 17- Precipitado de SrCO<sub>3</sub>**

#### **7.2.7.6 Determinación del índice de actividad de <sup>89</sup>Sr y <sup>90</sup>Sr en muestras sólidas**

La determinación del **índice de actividad de <sup>89</sup>Sr y <sup>90</sup>Sr en muestras sólidas** requiere un tratamiento previo a la separación radioquímica, de calcinación de la muestra.

Dado el tiempo requerido para realizar la calcinación, así como el tiempo necesario para el análisis y considerando la actividad encontrada de los otros radionucléidos, no se considera necesario esta determinación.

### **8. Resultados**

Las tablas 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 muestran los resultados obtenidos en las matrices: aire, agua de consumo y continental, suelos, sedimentos, alimentos (no lácteos) y alimentos lácteos, respectivamente.

CÓDIGO DE LA MUESTRA	Unidades	<sup>131</sup> I		<sup>134</sup> Cs		<sup>137</sup> Cs	
		Actividad	U	Actividad	U	Actividad	U
TALA/05.11.13/PM10	Bq/m <sup>3</sup>	< 5,6 x 10 <sup>-3</sup>	N.A.	< 1,1 x 10 <sup>-2</sup>	N.A.	< 1,2 x 10 <sup>-2</sup>	N.A.
TALA/05.11.13/PM2,5	Bq/m <sup>3</sup>	< 8.10 <sup>-3</sup>	N.A.	< 1,3. 10 <sup>-2</sup>	N.A.	< 1,5. 10 <sup>-2</sup>	N.A.
TALA/05.11.13/DT	Bq/m <sup>2</sup> .dia	< 1,2	N.A.	< 0,8	N.A.	< 0,9	N.A.
TRUJ/05.11.13/PM10	Bq/m <sup>3</sup>	< 2,5 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.	< 1,9 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.	< 1,8 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.
TRUJ/05.11.13/PM2,5	Bq/m <sup>3</sup>	< 2,4 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.	< 2,1 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.	< 2,1 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.
TRUJ/05.11.13/DT	Bq/m <sup>2</sup> .dia	< 1,7	N.A.	< 0,8	N.A.	< 0,9	N.A.
TALA/06.11.13/PM10	Bq/m <sup>3</sup>	< 2,6 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.	< 1,5 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.	< 1,8 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.
TALA/06.11.13/PM2,5	Bq/m <sup>3</sup>	< 2,2 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.	< 1,5 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.	< 1,2 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.
TRUJ/06.11.13/PM10	Bq/m <sup>3</sup>	< 9,3 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.	< 2,2 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.	< 2,2 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.
TRUJ/06.11.13/PM2,5	Bq/m <sup>3</sup>	< 1,2 x 10 <sup>-3</sup>	N.A.	< 8,3 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.	< 9,8 x 10 <sup>-4</sup>	N.A.
TRUJ/06.11.13/DT	Bq/m <sup>2</sup> .dia	< 1,0	N.A.	< 0,5	N.A.	< 0,6	N.A.

Tabla 11– Resultados en la matriz: aire

PARÁMETRO	Unidades	CÓDIGO DE LA MUESTRA					
		SERR/06.11.13/A_CS		CASA/06.11.13/A_CS		NAVA/06.11.13/A_CS	
		Actividad	U	Actividad	U	Actividad	U
<sup>3</sup> H	Bq/l	1,4	0,4	0,8	0,4	< 27	N.A.
<sup>131</sup> I	Bq/l	< 2,7	N.A.	< 0,8	N.A.	< 13	N.A.
<sup>134</sup> Cs	Bq/l	< 1,4	N.A.	< 0,4	N.A.	< 23	N.A.
<sup>137</sup> Cs	Bq/l	< 1,7	N.A.	< 0,4	N.A.	< 28	N.A.
Alfa total <sup>a</sup>	Bq/l	0,02	0,01	< 0,01	N.A.	< 0,01	N.A.
Beta resto	Bq/l	< 0,04	N.A.	0,05	0,01	< 0,02	N.A.
<sup>89</sup> Sr	Bq/l	< 0,15	N.A.	< 0,15	N.A.	< 0,15	N.A.
<sup>90</sup> Sr	Bq/l	< 0,16	N.A.	< 0,16	N.A.	< 0,16	N.A.

<sup>a</sup> Método de evaporación.

Tabla 12– Resultados en la matriz: agua de consumo

PARÁMETRO	Unidades	CÓDIGO DE LA MUESTRA					
		VALD/05.11.13/A_CT		TAJO/06.11.13/A_CT		JMO/07.11.13/A_CT	
		Actividad	U	Actividad	U	Actividad	U
<sup>3</sup> H	Bq/l	34	16	173	2	8,2	0,6
<sup>131</sup> I	Bq/l	< 20	N.A.	< 0,3	N.A.	< 13	N.A.
<sup>134</sup> Cs	Bq/l	< 24	N.A.	< 0,2	N.A.	< 23	N.A.
<sup>137</sup> Cs	Bq/l	< 29	N.A.	< 0,3	N.A.	< 28	N.A.
<b>Alfa total</b>	Bq/l	0,17 <sup>b</sup>	0,01	< 0,02 <sup>b</sup>	N.A.	0,03 <sup>a</sup>	0,01
<b>Beta resto</b>	Bq/l	0,10	0,03	0,13	0,03	< 0,04	N.A.
<sup>89</sup> Sr	Bq/l	< 0,15	N.A.	< 0,15	N.A.	< 0,15	N.A.
<sup>90</sup> Sr	Bq/l	< 0,16	N.A.	< 0,16	N.A.	< 0,16	N.A.

<sup>a</sup> Método de evaporación

<sup>b</sup> Método de coprecipitación

**Tabla 13– Resultados en la matriz: agua continental**

A modo de ejemplo en la figura 18 se muestra el espectro de tritio de una muestra continental.

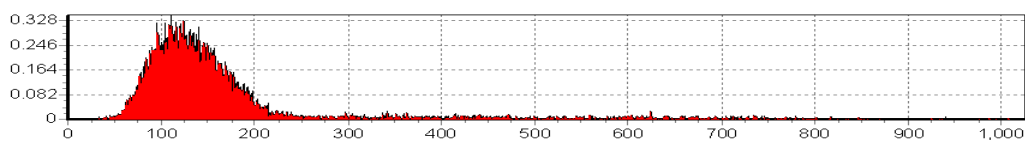


Figura 18 - Espectro de tritio de la muestra TAJO/06.11.13/AGUA\_CT

CÓDIGO DE LA MUESTRA	Unidades	<sup>131</sup> I		<sup>134</sup> Cs		<sup>137</sup> Cs	
		Actividad	U	Actividad	U	Actividad	U
VALD/05.11.13/SED	Bq/kg	< 1,5	N.A.	< 0,8	N.A.	< 1,0	N.A.
TAJO/06.11.13/SED	Bq/kg	< 2,0	N.A.	< 1,0	N.A.	< 1,2	N.A.

**Tabla 14– Resultados en la matriz: sedimentos**



CÓDIGO DE LA MUESTRA	Unidades	<sup>131</sup> I		<sup>134</sup> Cs		<sup>137</sup> Cs	
		Actividad	U	Actividad	U	Actividad	U
ROMA/05.11.13/L_C	Bq/l	<20	N.A.	< 23	N.A.	< 28	N.A.
HIGU/05.11.13/L_C	Bq/l	< 14	N.A.	<24	N.A.	< 30	N.A.
CASA/06.11.13/L_O	Bq/l	< 15	N.A.	< 24	N.A.	< 29	N.A.
SERR/06.11.13/L_C	Bq/l	< 14	N.A.	< 24	N.A.	< 29	N.A.
PERA/06.11.13/L_C	Bq/l	< 13	N.A.	< 23	N.A.	< 28	N.A.

**Tabla 17- Resultados en la matriz: alimentos lácteos**

## 9 Evaluación de los resultados

Todos los análisis realizados en aire, alimentos, aguas de consumo y sedimentos, presentan una actividad por debajo del límite de detección.

Los límites de detección son mayores en las muestras medidas "in situ" por la menor resolución de los equipos y menor tiempo de contaje empleado.

De las demás matrices es de destacar que una muestra de agua continental del punto de muestreo VALD, supera el valor de alfa total establecido en la legislación de aguas de consumo (no aplicable directamente a este tipo de agua), y probablemente se deba a radiación natural, que habría que determinar por espectrometría alfa; una muestra de suelo, del punto de muestreo TORI, presenta una actividad para cesio superior al límite de detección, pero se considera un valor muy bajo y habría que hacer una toma de muestra nueva para confirmación.

Conviene resaltar, los valores de tritio obtenidos en el punto de muestreo TAJO, que están en concordancia con los registrados en el Programa de Vigilancia Radiológica ambiental (PVRA) de las centrales nucleares. A lo largo del año 2011, se detectaron valores entre 9,73 Bq/l y 168 Bq/l en aguas superficiales situadas aguas abajo de la descarga de la Central de Almaraz.<sup>i</sup>

<sup>i</sup> Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental. Resultados 2011. Colección de Informes técnicos. 35.2012. Consejo de Seguridad Nuclear