Monografías
Comité Asesor para la Información
y Participación Pública

1966 / 2013

PALOMARES

En el camino de la normalización radiológica

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

1966 / 2013

PALOMARES

En el camino de la normalización radiológica

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Referencia: MCA-01.13

Publicado y distribuido por:
Consejo de Seguridad Nuclear
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11
28040 Madrid
www.csn.es
peticiones@csn.es

Diseño: Sendín & Asociados
Impresión: Elece Industria Gráfica, S.L.
Depósito Legal: M-23172-2013

Impreso en papel FSC

PRÓLOGO

La presente publicación monográfica divulgativa tiene por objetivo informar a la población sobre la evolución temporal y las consecuencias derivadas de la contaminación radiactiva ocasionada por el accidente, ocurrido hace más de 40 años en Palomares (Almería), y contribuir a la divulgación de la información disponible sobre este tema.

Esta publicación es la primera de una colección sobre temas de interés para la ciudadanía en el ámbito nuclear y radiológico, y responde a una recomendación formulada por el Comité Asesor para la Información y Participación Pública del Consejo de Seguridad Nuclear, que fue creado por el artículo 15 de la Ley 15/1980.

El presente documento aborda, cronológicamente, tanto la secuencia de eventos de 1966, como las actuaciones derivadas del cambio socioeconómico de los años 90.

A lo largo de la exposición se explica la ejecución del Proyecto Indalo y el PIEM-VR de Palomares. Se hace especial énfasis en los resultados de ambos estudios y en las decisiones posteriores que motivaron. Hasta la fecha, los programas de vigilancia no han mostrado la existencia de morbilidad inducida por la contaminación y no hay ninguna evidencia de patologías causadas por el accidente.

Desde 2010, está en marcha el **Plan de Rehabilitación de Palomares** (PRP) para la retirada de los terrenos con contaminación remanente y su transferencia a los EEUU para su almacenamiento definitivo.

Esta publicación recoge términos, conceptos y magnitudes de protección radiológica que no son objeto especificado de desarrollo.

Este documento divulgativo se apoya en la monografía elaborada por el Ciemat y el CSN titulada ***Monografía de Palomares: Desde el accidente al plan de restauración*** rvf qvfef consultarse en la qĆhjob xfc efm DTO; xxx/dto/ft z rvf jodmvzf sfgfsfodjbt cjcmjphsĆgjdbt epoef qspgvoej{bs fo mb nbufsjb/ Mbt gpuphsbgûbt ibo tjep dfejebt qps fm Djf nbu/ Upeb mb jogpsnbdjöo sfdphjeb fo ftub qvcmjdbdjöo ftuĆ sfgfsjeb b mpt ebupt ejtqpojcmft ef 3123/

1

7 El accidente de Palomares y su evolución
8 El accidente de Palomares (17 de enero de 1966)
10 Trabajos de remediación (enero 1966 / abril 1966)
12 Acuerdos España-Estados Unidos (1966 / 2009)
14 Proyecto Indalo (1966 / 2009)

2

17 El cambio socieconómico en Palomares
18 El cambio socieconómico (1986 / 1996)
19 Reevaluación de la contaminación remanente: Ciemat, 1998 / 2002
20 Criterios de restricción de uso: CSN 2001

3

23 Plan de Investigación Energética y Medioambiental en Materia de Vigilancia Radiológica de Palomares
25 Ejecución (noviembre 2006 / marzo 2009)
29 Resultados
31 Revisiones internacionales (junio 2009 / abril 2010

4

35 Plan de Reahabilitación de Palomares
37 Situación actual

1

El accidente de Palomares y su evolución

EL ACCIDENTE DE PALOMARES

17 de enero de 1966

En la mañana del 17 de enero de 1966, se produjo sobre Palomares (pedanía del municipio de Cuevas del Almanzora en la provincia de Almería) la colisión accidental de dos aeronaves (bombardero B-52 y avión nodriza KC-135) pertenecientes a las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos de América, durante una operación rutinaria de repostaje en vuelo.

Ambas aeronaves quedaron completamente destruidas y sus restos se extendieron sobre cientos de hectáreas en el litoral y el mar de la zona, entre ellos cuatro bombas termonucleares que transportaba el bombardero.

Al impactar dos de las bombas con el suelo, se produjo la deflagración de parte de su explosivo químico y se diseminó una buena parte de los 9 kg de combustible nuclear fisionable, en forma de óxidos de plutonio (Pu), uranio (U) y americio (Am) fundamentalmente.

De las cuatro bombas caídas en la zona como consecuencia del accidente, la primera (W-1) se halló la noche del 17 de enero en el lecho seco del río Almanzora, al este de Palomares y aproximadamente a 300 m de la costa. El lugar se denominó como “punto de impacto 1”. El paracaídas primario se encontró abierto y el arma no sufrió daño.

La bomba número 2 (W-2) cayó en un pequeño valle detrás del cementerio, aproximadamente a 1,7 km al oeste del núcleo urbano, designándose el lugar como “punto de impacto 2”. Su paracaídas no funcionó por lo que se produjo la detonación del explosivo convencional, ocasionando un cráter de 6,6 m de diámetro y 2 m de profundidad, así como fuego y dispersión del material en forma de aerosol. Se localizó alrededor de las 9:30 h del 18 de enero.

La bomba número 3 (W-3) cayó en una pequeña cañada en el límite este de Palomares designada como “punto de impacto 3”; en un lugar próximo a algunas viviendas. Fue localizada alrededor de las 10:30 h del 18 de enero. Su paracaídas se había desplegado pero resultó dañado por lo que detonó parcialmente el explosivo químico, produciéndose un cráter de 6 m de diámetro y 1 m de profundidad.

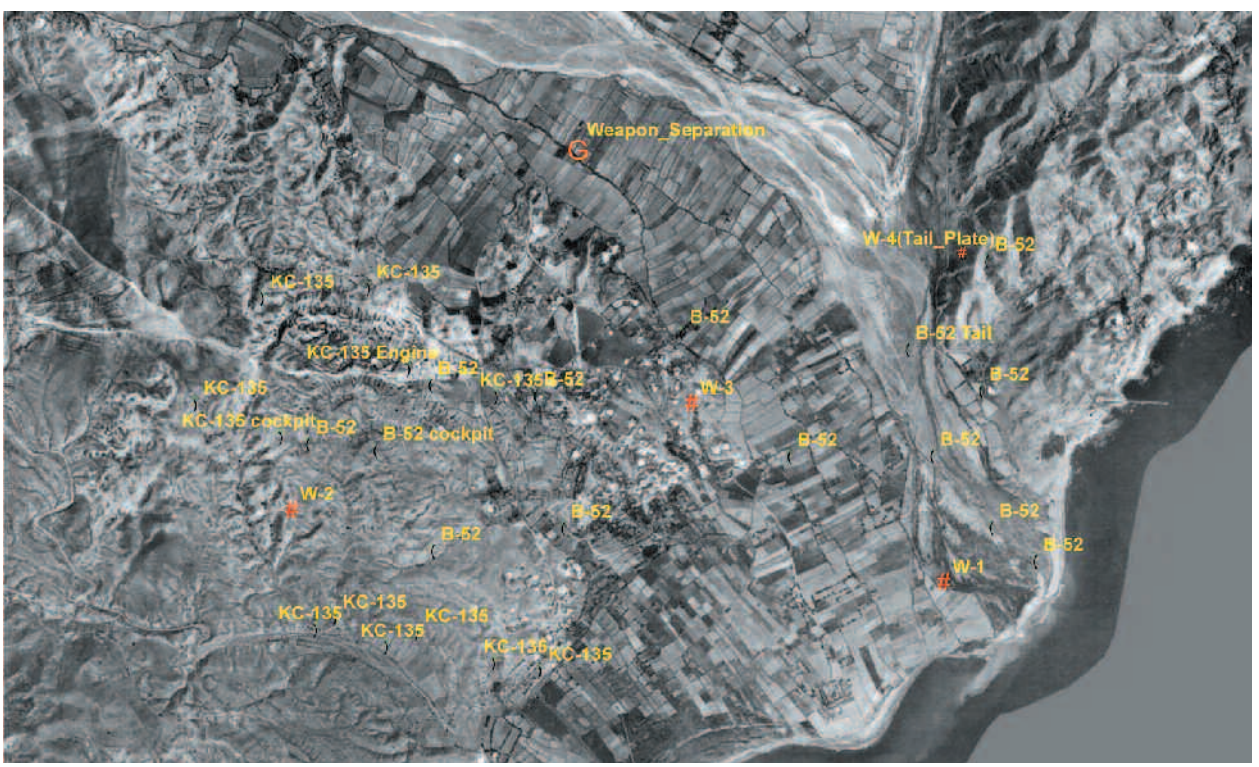
Como consecuencia de esta situación no se produjo ningún herido entre en los habitantes de Palomares.

Sin embargo, para las bombas 2 y 3, y como consecuencia del impacto con el suelo y de la explosión convencional, se produjo la fragmentación seguida de la oxidación del uranio y el plutonio que constituían el material fisionable y

se diseminó buena parte de los 9 kg del mismo en forma de óxidos de plutonio, uranio y americio, fundamentalmente.

El aerosol ocasionado por el impacto y fuego de la bomba 2 se dispersó a través de un pequeño valle, en ese momento sin cultivar.

La bomba número 4 cayó en el mar Mediterráneo. Fue localizada y recuperada intacta el 7 de abril, 80 días después de la colisión, aproximadamente a 8 km de la costa, sin daños apreciables ni consecuencias radiológicas. Su paracaídas había funcionado correctamente.



Posición de los restos del fuselaje de los aviones y bombas sobre una fotografía de 1956.

TRABAJOS DE REMEDIACIÓN

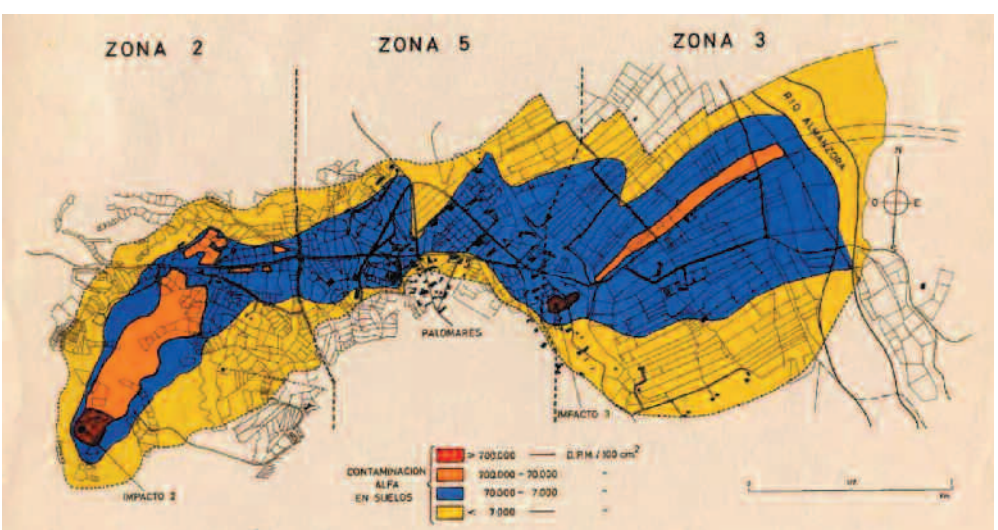
Enero 1966 / abril 1966

Inmediatamente después del accidente, las Fuerzas Armadas norteamericanas identificaron la zona afectada por la contaminación radiactiva, denominada *Línea cero*. Comprendía unas 220 ha desde Puerto Blanco (donde se encontró la bomba 2) hasta las laderas de sierra Almagrera situadas junto al río Almanzora, donde cesó la búsqueda ya que era una zona de difícil acceso, deshabitada y sin uso en esas fechas. En aquella época, la explotación económica de las áreas afectadas consistía en el cultivo esporádico en régimen de secano, con muy escasa producción.

Tras determinar la *Línea cero*, se iniciaron los trabajos de remediación sobre el suelo superficial y las cosechas. Trabajaron más de 740 personas, de las cuales 600 pertenecían a las Fuerzas Aéreas americanas y se emplearon casi 100 vehículos, más de 20 máquinas pesadas y 33 navíos.

Las operaciones de limpieza y recuperación de las armas caídas supusieron que miembros de las Fuerzas Armadas de Estados Unidos, ayudados por personal del Ejército y la Guardia Civil de España, retiraran la tierra contaminada de 25.000 m^2 de suelo junto con restos vegetales.

Los criterios de los niveles de contaminación de referencia fueron acordados con los técnicos de la Junta de Energía Nuclear (JEN). La JEN era, desde 1951, el organismo con capacidad técnica encargado de asesorar al Gobierno sobre cuestiones relacionadas con la seguridad



Plano que delimita la *Línea cero*

Detalle del B-52 y retirada de chatarra.

Labores de remedio del material superficial.

y protección contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

Años más tarde, en 1980, se crearía el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) como el único organismo competente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. A su vez, la JEN se transformaría en 1986 en el actual Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), organismo público de investigación con especial énfasis en el ámbito energético y medioambiental.

Las operaciones tras el accidente de Palomares costaron al Ejército estadounidense 80 millones de dólares de la época, y se retiraron, en 4.810 bidones, 1.400 t de tierra y restos vegetales que fueron transportados por mar a los EEUU, donde quedaron depositados definitivamente en el centro de reprocesamiento de materiales nucleares Savannah River Facility, en Aiken (Carolina del Sur) el 8 de abril de 1966.

Finalizada esta intervención, se establecieron acuerdos entre el Departamento de Energía de los EEUU (DOE) y la JEN, dando comienzo el Proyecto Indalo cuyo objetivo era el seguimiento de la población potencialmente afectada y el análisis de la actividad residual de suelo, fauna y flora.

Tras las acciones de remedio, el Gobierno de España y el de EEUU han venido colaborando en el seguimiento médico y dosimétrico de los habitantes de la zona y en el estudio de la evolución de los niveles de contaminación residual en el medio ambiente.

El programa de seguimiento sanitario y medioambiental se llamó Proyecto Indalo.

Esta colaboración se ha mantenido al amparo del Acuerdo Otero-Hall, firmado el 25 de febrero de 1966, aproximadamente un mes después del accidente.

ACUERDOS ESPAÑA-EEUU

1966 / 2009

El acuerdo se materializó en un intercambio de cartas entre J.M. Otero Navascués, presidente de la JEN, y John A. Hall, subdirector general de Actividades Internacionales de la Comisión de Energía Atómica norteamericana. A las cartas se adjuntaron como anexos los objetivos del acuerdo y los compromisos de cada parte.

El Acuerdo Otero-Hall es un acuerdo de carácter científico en los campos de la sanidad y la seguridad "en relación con el comportamiento fisiológico y ecológico del óxido de plutonio en una zona rural previamente contaminada y que haya sido descontaminada mediante los procedimientos y los límites de descontaminación mutuamente acordados".

Los objetivos específicos establecidos fueron:

- Recopilación de información sobre la absorción y retención de plutonio y uranio en un número representativo de personas de un grupo de población potencialmente expuesto a la inhalación de un aerosol de óxido de plutonio.
- Medición de las fluctuaciones temporales y estacionales de concentraciones de plutonio en el aire en un área agrícola contaminada por óxido de plutonio y que ha sido sometida a un proceso de descontaminación como el acordado.
- Mediciones seriadas de los niveles de contaminación (tanto por absorción del suelo como por dispersión por el viento) de los productos agrícolas obtenidos en un área contaminada tras ser sometida a descontaminación.
- Estudios de la migración temporal y redistribución del óxido de plutonio en un suelo descontaminado (removido hasta una profundidad de 30 cm), como resultado de la erosión y de las labores habituales de cultivo.

Los compromisos adquiridos por la JEN consistían en la ejecución material de las actividades de muestreo y medida, la aportación de la infraestructura (laboratorios) y la gestión logística y documental del programa.

La parte norteamericana asumía el compromiso de suministrar equipos de medida, procedimientos de análisis y, en general, de dar asistencia técnica.

Desde 1966 y hasta el fin de los acuerdos en 2009, el Gobierno de EEUU ha contribuido también con la financiación parcial de las actividades de vigilancia.

Tras la transformación de la antigua JEN en el actual Ciemat en 1986, ha seguido existiendo la colaboración en el seguimiento de las consecuencias del accidente de Palomares. Esta se ha materializado en forma de nuevos acuerdos.

Estos nuevos acuerdos de cooperación entre el Ciemat y el DOE han encontrado, sin embargo, un marco de referencia más amplio en el Acuerdo de Cooperación Científica, firmado el 10 de junio de 1994, entre los gobiernos de Estados Unidos de América y España.

A continuación se mencionan dichos acuerdos:

Acuerdo de 1997
Este acuerdo se estableció para continuar con el trabajo iniciado en el marco del Acuerdo Otero-Hall de 1966.

En el acuerdo se reconoce que el Ciemat es el principal responsable de las actividades y se reitera que el papel del DOE será de apoyo mediante asesoramiento técnico y financiación parcial de las actividades de investigación.

El acento recae sobre la "vigilancia medioambiental, implicando control continuo y ejercicios de validaciones cruzadas de los niveles de plutonio y americio en el suelo, aire, agua, vegetación y animales domésticos; con énfasis especial en los riesgos asociados a la resuspensión y la reevaluación de la presencia de plutonio y americio en:

A. Aradas hasta 30 cm en 1966;
B. Áreas nuevas cultivadas y
C. Áreas no limpiadas el 17 de enero de 1966".

Acuerdo de 2005
Se dirige a "la realización de un estudio radiológico en tres dimensiones y un control final de las zonas afectadas en, y cerca de, las zonas de impacto de Palomares".

El acuerdo prevé la preparación de recomendaciones para establecer una estrategia general de limpieza.

Acuerdo de 2007
Prevé la finalización de un mapa radiológico tridimensional y el control final de las zonas afectadas en, y cerca de, las zonas del impacto de Palomares, identificadas como zonas 2 y 3, así como en una nueva zona, la zona 6.

Se menciona que, en caso de que se considerase la necesidad de proceder a una limpieza posterior, el Ciemat prepararía las recomendaciones necesarias para alcanzar una limpieza final de la zona, tanto en superficie como subterránea.

PROYECTO INDALO

1966 / 2009

Los programas de vigilancia definidos por el Proyecto Indalo han aportado, desde su inicio en 1966, mucha información sobre la situación de Palomares, tanto desde el punto de vista ambiental como del de la salud de la población.

El Proyecto Indalo se desglosa en los siguientes programas:

Seguimiento dosimétrico y sanitario del público:
Este programa consiste en reconocimientos médicos a un número aproximado de 150 personas al año y en la recogida de muestras de orina, de 24 h, sobre las que se realizan determinaciones radioquímicas del contenido de plutonio-239, plutonio-240 y americio-241.

Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental:
El programa tiene un alcance variable; se determinarán el tipo de muestras, lugar y frecuencia de las recogidas y extensión de la zona en función de los resultados que se hayan ido obteniendo.

También han ido variando los tipos de análisis realizados, analizándose inicialmente la concentración de actividad alfa total e incorporándose posteriormente determinaciones radioquímicas del contenido de plutonio-239 y americio-241.

El Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental contempla el control de los siguientes indicadores:

- Suelos: el control radiológico rutinario de suelos formó parte del Programa de Vigilancia Radiológica de Palomares hasta el año 2007.

- Aerosoles: el control de aerosoles se realiza mediante tres estaciones de muestreo de aire. La localización de dichas estaciones responde a los niveles de inhalación representativos según las prácticas agrícolas en distintas zonas, ya sean rurales o urbanas.

- Vegetación: incluye indicadores tanto de vegetación silvestre como cultivada, ya sea comestible o no. Se realizan análisis de diferentes partes de la planta tras diferentes procesos (lavado, pelado, etc.). De esta manera se evalúa la distribución de la contaminación y su potencial incidencia sobre la población.

  El tipo y número de muestras de cultivos a obtener responde a criterios de representatividad en función de los niveles de producción y consumo.

  La localización de los puntos de muestreo puede variar en función del área cultivada en cada época, aunque siempre se atiende prioritariamente a aquellas zonas con posible influencia de contaminación aérea.

  La frecuencia de muestreo depende de la época de recogida de las cosechas principales (generalmente, primavera y otoño) y del número de las mismas por año.

- Productos de origen animal: se recogen, aunque de manera más esporádica, muestras de leche de cabra y vaca y, ocasionalmente, carne de oveja, cabra o gasterópodos por sus características como bioindicadores.

  Adicionalmente, se han realizado estudios para evaluar la transferencia al medio marino de la contaminación dispersada por el accidente. Se realizan medidas de plutonio principalmente en sedimentos pero también en agua y biota, peces y crustáceos.

Los resultados de los programas de vigilancia bajo el Proyecto Indalo son:

- En total 1.077 personas han sido controladas y se han realizado 5.029 exámenes médicos y de dosimetría interna por bioeliminación (análisis de la orina excretada en 24 h).

- Los resultados de los exámenes médicos no han mostrado ningún resultado que haga sospechar una morbilidad específicamente inducida por las radiaciones ionizantes.

- No hay ninguna evidencia de patología directamente relacionada con el accidente, incluso en aquellas personas que presentan algún resultado dosimétrico por encima del límite de detección.

- En cuanto a la seguridad de los productos agrícolas de Palomares, desde 1967 se han controlado más de 9.500 muestras y se han realizado más de 12.500 análisis.

- La estimación de dosis anual por ingestión, para el periodo 1995-2010, es de (0,006 mSv al año), muy inferior al límite de dosis para el público (1 mSv/año) establecido.

2

El cambio socioeconómico en Palomares

EL CAMBIO SOCIOECONÓMICO

1986 / 1996

Durante los 20 años posteriores al accidente (1966-1986), a la vista de los resultados de la vigilancia radiológica, y dada la escasa actividad agrícola y urbanística de la zona, no se consideró necesario adoptar medidas adicionales a las incluidas en el plan de vigilancia establecido.

Durante este periodo, la explotación de los terrenos afectados por el accidente consistía en el cultivo esporádico en régimen de secano. La producción en estas circunstancias era muy baja.

Sin embargo, este patrón de explotación económica sufrió una profunda transformación ya que, hasta la mitad de los 90, se fueron llevando a cabo actuaciones dirigidas a introducir la agricultura intensiva de regadío.

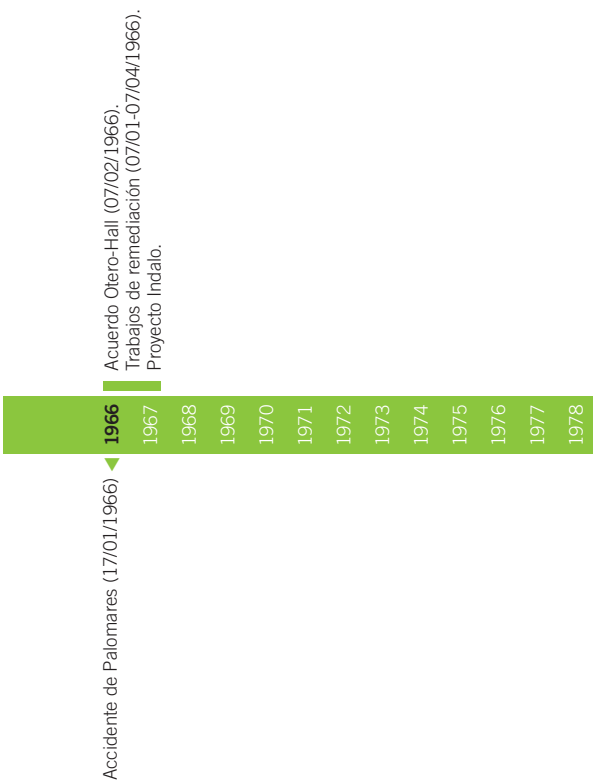
A finales de los años 80 se construyeron dos balsas de almacenaje de agua para el cultivo de regadío (de 151.600 m^3 y 347.000 m^3, respectivamente) en la cabecera del valle donde impactó la bomba número 2 (8,5 ha de extensión).

Asimismo, en este mismo valle, fueron construidas varias terrazas para cultivo, lo que implicó importantes movimientos de tierra.

Por otro lado, en la zona de impacto de la bomba número 3 se adaptaron los terrenos para un mejor aprovechamiento agrícola (0,5 ha).

También fue variando notablemente el estatus de otras áreas afectadas, que pasaron de estar clasificadas como terrenos rústicos, con y sin uso agrícola, a estar clasificadas como terrenos urbanizables.

En vista de esta nueva situación económica y de la cada vez mayor demanda turística, se decidió hacer una reevaluación del inventario de contaminación residual remanente para prevenir un posible cambio en la exposición radiológica de la población.



REEVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN REMANENTE

Ciemat 1998 / 2002

En 1988, una vez creado el CSN y convertida la JEN en el actual Ciemat, ambos organismos habían pedido sendos informes jurídicos sobre sus respectivas competencias en relación con el accidente de Palomares.

Ya entonces se habían acordado las siguientes responsabilidades:

Ciemat:

- Ejecución de los programas de vigilancia.
- Evaluación de la situación radiológica.
- Remisión de información periódicamente al CSN.

CSN:

- Establecimiento de los criterios radiológicos.
- Remisión de información al Congreso y al Senado sobre el resultado de los progra mas de vigilancia.

Ante los cambios de utilización de los terrenos de Palomares, el Ciemat realizó entre 1998 y 2002, diferentes gestiones encaminadas a la expropiación forzosa de 10 ha de terreno y a la restricción preventiva de su uso.

La reevaluación del término fuente remanente puso de manifiesto que la contaminación residual era superior a la estimada inicialmente.

Entre 1988 y 2002 el Ciemat y CSN ejecutan programas de reevaluación de la contaminación remanente.

1979 **1980** 1981 1982 1983 1984 1985 **1986** 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 **1995** 1996 **1997** 1998 1999 2000 **2001** 2002 2003 **2004** **2005** **2006** **2007** 2008 **2009** **2010** 2011 2012 2013

- **1980** Creación del CSN
- **1986** La JEN se transforma en el Ciemat
- **1995** Actuaciones dirigidas a introducir la agricultura intensiva de regadío
- **1997** Acuerdo España-EEUU
- **2001** Se establecen los criterios de restricción de uso de los terrenos afectados
- **2004** Se aprueba el Plan de Investigación Energética y Medioambiental en Materia de Vigilancia Radiológica
- **2005** Acuerdo España-USA
- **2006** El Ciemat ocupa los terrenos expropiados
- **2007** Acuerdo España-EEUU
- **2009** El OIEA revisa el Programa de Caracterización Radiológica
- **2010** La UE revisa el Programa de Caracterización Radiológica

CRITERIOS DE RESTRICCIÓN DE USO

CSN 2001

En diciembre de 2001, el CSN, basándose en las nuevas estimaciones de contaminación residual, decidió redefinir los criterios de restricción de uso de los terrenos afectados por la contaminación. Para ello, tomó en consideración la normativa de protección radiológica internacional aplicada a la recuperación de terrenos contaminados.

La necesidad de controlar o restringir el uso del área afectada se determina en función de unos criterios de exposición radiológica. El objetivo último de este método es que el impacto radiológico a la población, como consecuencia de la exposición a la contaminación remanente, no supere una dosis media anual de 1 mSv.

El CSN definió los siguientes criterios de restricción de uso:

Restricción total:

Para las actividades en los terrenos que supongan un nivel de dosis residual igual o superior a 5 mSv/año.

Restricción parcial y realización de estudios adicionales:

Para las actividades que puedan dar lugar a una dosis residual igual o superior a 1 mSv/año.

La contaminación principal producida por el accidente la constituían los siguientes isótopos:

- Plutonio-239 y plutonio-240 en equilibrio, (^{239}Pu +^{240}Pu)
- Americio-241 (^{241}Am)
- Plutonio-241 (^{241}Pu) y
- Plutonio 238 (^{238}Pu).

Las relaciones de concentración de todos los isótopos con el americio son prácticamente constantes. Debido a que la concentración del americio es más fácil de medir en el terreno, esto facilita la determinación de concentraciones de los distintos isótopos.

Como las concentraciones del resto de isótopos se pueden expresar en función de la concentración de americio, los criterios de restricción de uso se pueden expresar también en términos de la concentración de americio:

Los criterios de restricción de uso quedarían de la siguiente manera:

- Restricción total:
  - Para las actividades en los terrenos que supongan un nivel de dosis residual igual o superior a 5 mSv/año.
  - Para los terrenos en que la concentración de americio-241 sea superior a 5 Bq/g.
- Restricción parcial y realización de estudios adicionales:
  - Para las actividades que puedan dar lugar a una dosis residual igual o superior a 1 mSv/año y también,
  - Para los terrenos en los que la concentración de americio-241 sea superior a 1 Bq/g.

Los criterios anteriores han sido utilizados para la visualización de los resultados de las caracterizaciones radiológicas del terreno según el siguiente código de colores:

Verde (sin restricción): la concentración de americio-241 en los primeros 15 cm de suelo es inferior a 1 Bq/g.

Amarillo (restricción parcial): la concentración de americio-241 en los primeros 15 cm de suelo está en el rango 1-5 Bq/g.

Rojo (restricción total): concentración de americio-241 en los primeros 15 cm de suelo es superior a 5 Bq/g.

Como resultado de la aplicación de estos criterios, se recomendó establecer restricciones de uso en determinadas zonas.

También se recomendó desarrollar un plan especial para la caracterización precisa de la situación radiológica y la posible estrategia de restauración.

Radionucleidos presentes en los suelos, factor de concentración relativa respecto del americio-241 y concentraciones especificas de restricción de uso.

Radionucleidos	Vida media (en años)	Criterio de restricción de uso parcial (Bq/g)	Criterio de restricción de uso total (Bq/g)	Relación de concentración respecto ^{241}Am
^{239}Pu + ^{240}Pu	24.110 6.569,4	5	25	4
^{241}Am	432,2	5	25	1
^{241}Pu	14,4	500	2.500	3
^{238}Pu	87,5	5	25	0,1

En la tabla se indican, para cada isótopo, las concentraciones (Bq/g) que producen las dosis residuales mencionadas. También se incluyen las proporciones de cada isotopo con el americio.

3

Plan de Investigación Energética y Medioambiental en Materia de Vigilancia Radiológica de Palomares

El 17 de diciembre de 2004, el Consejo de Ministros aprobó el Plan de Investigación Energética y Medioambiental en Materia de Vigilancia Radiológica de Palomares (PIEM-VR Palomares).

La responsabilidad de la ejecución del plan recayó sobre el Ciemat.

Las actuaciones del plan se declaraban de interés general y llevaban implícita la declaración de utilidad pública a los efectos previstos en la Ley de Expropiación Forzosa.

El plan tenía los siguientes objetivos:

- Evaluar la contaminación residual en las zonas afectadas por el accidente de Palomares
- Establecer las posibles estrategias de recuperación ambiental.

El primer objetivo se materializaría en la obtención de un mapa radiológico en tres dimensiones que mostrase el inventario radiológico en los terrenos afectados.

A su vez, se clasificarían estos terrenos por colores según los criterios de restricción de uso establecidos por el CSN. De esta manera se facilitaría la elección de la estrategia de recuperación adecuada.

EJECUCIÓN

Noviembre 2006 / marzo 2009

Durante el año 2005 se desarrolló el procedimiento de expropiación de unas 10 ha de terrenos afectados.

En 2005, se firmó a su vez el Acuerdo de 2005 con las autoridades americanas. En él se reconoce la intención de realizar "un estudio radiológico en tres dimensiones y un control final de las zonas afectadas en, y cerca de, las zonas de impacto de Palomares". En este acuerdo se prevé también la preparación de recomendaciones para establecer una estrategia general de limpieza.

En 2006, el Ciemat ocupó las fincas expropiadas, iniciando así el Plan de Investigación.

Caracterización extensiva

La primera fase del plan consistió en la caracterización extensiva del terreno. La finalidad de esta primera fase era determinar la actividad de americio en suelo superficial, es decir, en los primeros 15 cm de suelo.

Este proceso tuvo lugar desde noviembre de 2006 hasta febrero de 2007 con la asistencia técnica de Enusa Industrias Avanzadas. El área total analizada fueron 660 ha de las zonas de Palomares y Villaricos.

El método de caracterización extensiva consistía en recorrer a pie una malla de 25 x 25 m con dispositivos de medida portátiles. Las medidas se tomaban en movimiento. La precisión de los recorridos se aseguraba con el auxilio de un sistema de posicionamiento geográfico por satélite.

La caracterización mostró que existía contaminación superior a los criterios de restricción de uso en 20 ha en los puntos de impacto de las

Detalle del detector de actividad del americio.

Resultados de la caracterización radiológica extensiva en Palomares.

bombas, zonas 2 y 3, así como en una franja de 20 ha en Sierra Almagrera, zona 6.

En 2007, considerando la información radiológica obtenida, el Ciemat presentó una propuesta de ocupación temporal de 30 ha adicionales en las zonas limítrofes a las 10 ha expropiadas en 2005.

El CSN emitió un informe favorable a la iniciativa el 2 de julio de 2007 y el Consejo de Ministros aprobó la extensión del PIEM-VR Palomares a las zonas adicionales.

La zona de estudio ocupa actualmente una superficie total de 40 ha.

Una vez expropiados los terrenos y autorizada la ocupación de los restantes, el Ciemat delimitó con una valla todos ellos para impedir el acceso y colocó unos carteles informativos.

En este mismo año, Estados Unidos y España firman el Acuerdo de 2007.

En él se prevé la finalización del mapa radiológico tridimensional y el control final de las zonas afectadas con la colaboración y cofinanciación del DOE. En el caso de considerarse necesaria una limpieza posterior, el Ciemat prepararía las recomendaciones correspondientes.

Delimitación de las zonas expropiadas en 2005 (azul) y ocupadas en 2007 (rojo).

Caracterización intensiva

Tras la caracterización extensiva se procedió a un estudio en profundidad de las 40 ha de las zonas 2, 3 y 6:

- En las zonas 2 y 3 se hicieron recorridos a pie sobre una malla de 1 x 1 m.
- En la zona 6 se efectuaron solo los recorridos accesibles, dada la orografía.
- Basándose en estas medidas dinámicas, se efectuaron medidas estáticas en puntos significativos que incluyeron:
  - Medidas de tasas de dosis equivalente ambiental, en contacto y a 1 m.
  - Determinaciones de americio por espectroscopia gamma.
- Con el fin de estimar la profundidad de la contaminación, se diseñó una campaña de sondeos entre 0,5 y 6 m de profundidad. En total se efectuaron 321 sondeos y se extrajeron 734 muestras para su análisis en laboratorio.

Ejecución de los sondeos y extracción de muestras.

Como parte de la caracterización intensiva se incluyó un examen por georradar de la zona 2.

Esta decisión se debe a que, durante los trabajos de remediación en 1966, se habían depositado tierras y cultivos con contaminación media en unas trincheras próximas al cráter de la bomba 2.

El examen por georradar tenía por objetivo localizar las trincheras para determinar posibles patrones anómalos de contaminación. Las trincheras quedaron localizadas según se aprecia en la siguiente figura:

Situación de las trincheras A y B en la zona 2

RESULTADOS

Los resultados del PIEM–VR Palomares se sintetizaron en un mapa radiológico de tres dimensiones de la concentración de $^{239+240}$Pu en los terrenos de Palomares.

El modelo permite visualizar las superficies y volúmenes coloreados según los criterios de restricción de uso establecidos por el CSN.

Los terrenos que superan el umbral de restricción de uso total aparecen en rojo, y los de uso parcial en amarillo.

La figura de la página siguiente muestra una captura del modelo. Las líneas azules y negras delimitan los terrenos estudiados bajo el alcance del PIEM-VR Palomares y su posterior ampliación.

Con respecto a la contaminación remanente, el examen de los datos obtenidos puso de manifiesto lo siguiente:

- Los terrenos que superan alguno de los criterios de restricción de uso se encuentran en su mayor parte en los terrenos expropiados en las zonas 2 y 3 (10 ha) aunque la contaminación se extiende a otras 10 ha de las fincas colindantes y a una franja de 20 ha en Sierra Almagrera (zona 6).

- Se han identificado dos trincheras en la zona 2. En ambas las medidas radiológicas superficiales son superiores al nivel medio del entorno.

- La distribución de actividad en los primeros 15 cm de suelo es muy diversa, observándose, desde suelos contaminados únicamente en los primeros centímetros hasta perfiles de concentración de actividad crecientes con la profundidad.

- Se ha constatado la presencia de contaminación en profundidad con distribuciones y niveles muy variables:

  – Distribuciones estrictamente superficiales en las zonas inalteradas sin ningún uso desde 1966 (toda la zona 6 –Sierra Almagrera– y las colinas de la zona 2).

  – Perfiles complejos como los observados en las trincheras de la zona 2.

  – Perfiles diversos debidos a la explotación agrícola y al movimiento de tierras de las zonas 2 y 3.

  – Distribuciones superficiales típicas del arrastre superficial en las escorrentías de la zona 2.

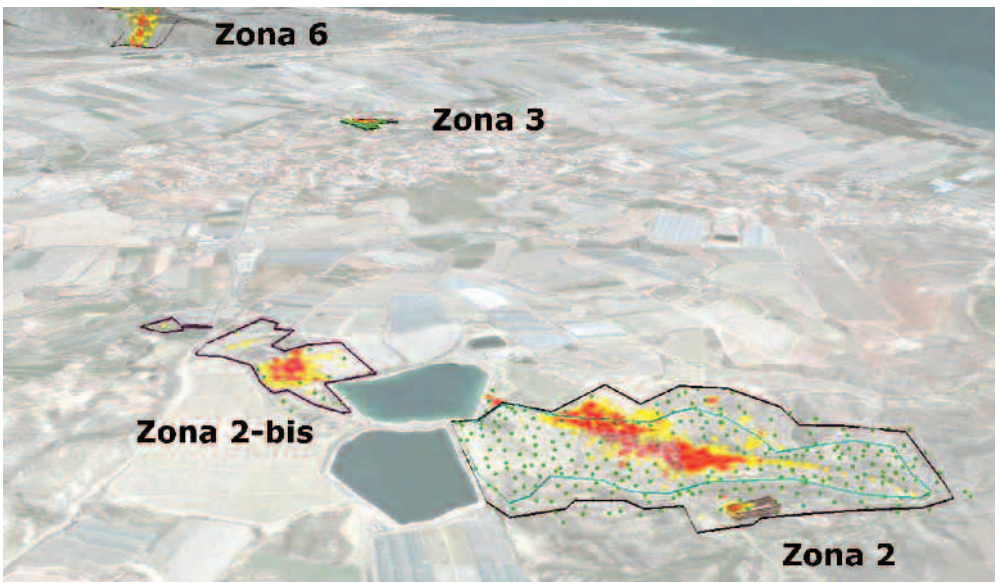
En general, se puede asegurar que es muy poco probable que exista contaminación en profundidad que no se haya detectado en superficie.

Con respecto a los riesgos para la población se concluye:

- La contaminación reside en el propio suelo, en profundidades que van desde unos centímetros hasta varios metros.

- Dado que los contaminantes son en su mayoría emisores alfa, la exposición externa

Perspectiva del modelo radiológico del suelo superficial en Palomares.



para la población es irrelevante Se ha constatado que no existe incremento notable en la tasa de dosis sobre los valores del fondo de radiación natural.

- El riesgo que se podría dar en Palomares es que las partículas contaminantes, que están de un modo estable adheridas a los suelos, puedan ser ingeridas o inhaladas por su transferencia a alimentos o al aire.

- Ambas vías se controlan en la actualidad de acuerdo a los criterios de restricción de uso de los terrenos con la delimitación y control de accesos a las zonas afectadas.

- Por tanto, puede asegurarse que la exposición de la población de Palomares es muy baja y que las dosis son irrelevantes desde el punto de vista de la protección radiológica del público.

- En marzo de 2009, el Ciemat editó un informe con los resultados de la caracterización radiológica actualizada, la identificación de los terrenos afectados con valores superiores a los criterios de restricción de uso y la evaluación del volumen de tierras contaminadas. Este informe se remitió al CSN y al DOE.

A partir de los resultados de la caracterización radiológica, el CSN remitió un escrito al Ciemat indicándole que notificaría a las autoridades competentes en ordenación del territorio las zonas en las que aplican las restricciones de uso y su localización geográfica exacta, para que se tuvieran en cuenta en la planificación territorial de su competencia.

REVISIONES INTERNACIONALES

Junio 2009 / abril 2010

España ha firmado tratados y acuerdos internacionales que le imponen obligaciones de información y de actuación en materia de protección radiológica de la población y del medio ambiente.

En ciertos casos, España debe someterse a la verificación externa de dichas obligaciones por parte de organizaciones internacionales.

En concreto, el programa de caracterización radiológica llevado a cabo en Palomares fue revisado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en 2009 y por la Comisión de la Unión Europea en 2010.

Revisión entre pares OIEA-Ciemat

De junio a noviembre de 2009, el Organismo Internacional de Energía Atómica realizó una revisión entre pares al Ciemat para evaluar el alcance, metodología y resultados del programa de caracterización radiológica de Palomares.

La revisión incluyó una visita de los expertos del OIEA a la zona para realizar comprobaciones *in situ*.

La evaluación fue muy positiva y el panel de expertos constató que:

- El Ciemat había realizado el trabajo siguiendo los estándares internacionales.
- La toma de muestras había sido representativa y adecuada para la caracterización de la contaminación de los terrenos.
- Las herramientas y técnicas utilizadas eran aptas e innovadoras.
- Las relaciones del Ciemat con las autoridades y la población local eran muy positivas.

El equipo del OIEA enfatizó que los mapas tridimensionales sintetizaban muy bien la situación radiológica. También se reconoció que constituían una herramienta muy útil para determinar la estrategia de restauración de los terrenos y para optimizar el volumen de materiales a gestionar como residuos radiactivos.

Por otra parte, en la sección de recomendaciones:

- Se mencionó la conveniencia de incluir estimaciones de las posibles exposiciones futuras.
- Se anima a involucrar a los habitantes de la zona en el debate sobre las opciones de rehabilitación.

Verificación del artículo 35 del Tratado Euratom
Un equipo de expertos de la Dirección General de Energía de la Comisión de la Unión Europea realizó una misión de verificación en la zona de Palomares los días 20 y 21 de abril de 2010.

El artículo 35 establece que cada Estado miembro de la UE debe controlar, de modo permanente, la radiactividad de la atmósfera, de las aguas y del suelo para garantizar el cumplimiento de las normas básicas de protección radiológica.

La misión tenía por objeto supervisar estos mecanismos de control y verificar el funcionamiento y eficacia de las medidas adoptadas para la protección del entorno y de la población tras el accidente.

El equipo de verificación presentó en su correspondiente informe las siguientes conclusiones:

- Los estudios radiológicos y los programas de vigilancia establecidos en las áreas de interés son apropiados y eficientes.

- Dada la vida media extremadamente elevada de las sustancias involucradas, el equipo de verificación considera necesario continuar con la vigilancia radiológica que está llevando a cabo actualmente el Ciemat.

- Debido al vallado de las zonas 2 y 3, en la actualidad, el potencial impacto radiológico al público por contaminación de plutonio parece ser muy pequeño.

  Sin embargo, el grupo de verificación recomendó vallar también el área con mayor contaminación de la zona 6. Por ello, el Ciemat procedió a completar y señalizar el vallado recomendado en junio de 2011.

El equipo destacó la gran importancia de la cooperación del Gobierno de los Estados Unidos con España para superar las consecuencias socio-económicas del desastre.

El suelo contaminado con plutonio debe retirarse y depositarse de forma segura para su almacenamiento a largo plazo. El equipo recomienda ejecutar el plan de rehabilitación reduciendo el volumen de suelo contaminado (≈ 6.000 t). Este suelo debe ser retirado y almacenado en condiciones de seguridad.

La asistencia de los Estados Unidos a España para la gestión de los residuos radiactivos que se generan en la rehabilitación se considera de primordial importancia ya que España no dispone de instalaciones para el almacenamiento definitivo de materiales contaminados con plutonio.

Detalle de un fragmento localizado en la Zona 3

4

Plan de Rehabilitación de Palomares

Tras estudiar los resultados del PIEM-VR Palomares, el CSN solicitó al Ciemat la elaboración de un plan para rehabilitar la zona afectada de Palomares.

En mayo de 2010, el Ciemat presentó al CSN una propuesta preliminar con las líneas generales para retirar los terrenos con contaminación radiactiva de Palomares.

El plan requería el informe previo del CSN, según establece el título VI del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.

El 5 de mayo de 2010, el Pleno del CSN informó favorablemente el Plan de Rehabilitación de Palomares (PRP).

El PRP prevé instalar *in situ* unas plantas de tratamiento de suelos para minimizar el volumen de terrenos a transferir a Estados Unidos para su almacenamiento definitivo.

El plan prevé también un programa de vigilancia adecuado para estas actividades.

En líneas generales, las operaciones previstas para la rehabilitación son las siguientes:

1) Extracción de tierras:
- Desbrozado de vegetación a ras de suelo pero sin alcanzar su superficie. Después, se emplazarán monitores de aire en continuo y se asegurarán los equipos de protección individual necesarios.
- Retirada de tierra afectadas de difícil acceso y que hayan permanecido inalteradas desde 1996 mediante aspiración con mangueras.
- Reducción y utilización de sistemas de riego y resupresión de polvo durante la extracción y carga de los volquetes.
- Confinamiento del área de trabajo y medios de protección radiológica necesarios.
- Comprobaciones radiológicas y verificación de objetivos de retirada de tierras.

2) Tratamiento de tierras en seco:
- Puesta en marcha de una instalación estanca con sistemas de separación en función de la granulometría.
- Instalación en cada salida de material de un sistema de medida de la radiación y segregación. Controles en continuo, en el ambiente de trabajo, de la concentración de actividad radiológica en el aire.

3) Tratamiento de tierras en húmedo:
- Separación en una instalación no estanca de las tierras en función de la granulometría. Igualmente, en cada salida de material habrá de ser instalado un sistema de medida de la radiación y segregación y sistemas de control de aguas, mediante canalizaciones y arquetas.

4) Expedición y transporte de los residuos radiactivos.

5) Restauración ambiental: relleno de terrenos y comprobación radiológica.

6) Desmontaje de las instalaciones.

7) Control radiológico final.

SITUACIÓN ACTUAL

Desde 1966, los programas de vigilancia realizados bajo el Proyecto Indalo no han mostrado ningún resultado que haga sospechar la existencia de morbilidad inducida por las radiaciones ionizantes y no hay ninguna evidencia de patología directamente relacionada con la dispersión de material radiactivo en el medio ambiente ocasionado por el accidente.

En 2009 se presentaron los resultados del PIEM-VR Palomares. La exhaustiva caracterización de la contaminación remanente mostró que no existía un incremento notable en la tasa de dosis sobre los valores del fondo de radiación natural. La estimación de dosis anual por ingestión, para el periodo 1995-2010, es de 0,006 mSv/año, muy inferior al límite de 1 mSv/año establecido.

Desde el punto de vista radiológico, el único riesgo era que las partículas contaminantes se transmitiesen a los alimentos o al aire. En cualquier caso, la restricción de uso de los terrenos aseguró que la exposición de la población fuese muy baja.

El 7 de julio de 2010, trascendiendo por primera vez el ámbito técnico, se celebró en Washington una reunión entre el Departamento de Defensa americano y el Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación español.

En ella se informó de la situación de Palomares y se expuso la posición del Gobierno español, considerando que la única solución definitiva es la retirada del suelo contaminado.

Los días 22 a 25 de febrero de 2011, se celebraron nuevos encuentros en Madrid y Palomares entre una delegación española y un equipo inter-agencias de los EEUU, expertos en rehabilitación y gestión de residuos, manteniéndose discusiones técnicas sobre las opciones de actuación y propuestas de retirada, limpieza radiológica o rehabilitación de los terrenos aún bajo restricciones. La visita fue muy fructífera y supuso un avance notable en aspectos técnicos de la rehabilitación.

En marzo y octubre de 2011 se recibió del Departamento de Energía de los EEUU un documento de aportaciones técnicas al citado Plan de Restauración de Palomares que fue contestado por el Ciemat.

Tras diversos contactos a nivel diplomático, el tema se encuentra actualmente en manos de las máximas autoridades del Consejo de Seguridad Nacional de los Estados Unidos.

El Plan de Rehabilitación comprende los puntos de vista del impacto radiológico al público, la protección radiológica de los trabajadores, la gestión de residuos radiactivos y la vigilancia radiológica ambiental.

En la actualidad, el Ciemat, dentro de su Programa de Recuperación Radiológica Ambiental, está desarrollando el Plan de Rehabilitación de Palomares (PRP) trabajando en las siguientes líneas de actividad:

- Adecuación y auditoría interna del laboratorio de medidas.
- Informatización de los datos históricos de vigilancia radiológica.
- Diseño de actuaciones según distintos escenarios de dispersión meteorológica.
- Elaboración del plan de vigilancia radiológica ambiental.
- Análisis de incertidumbres.
- Desarrollo del manual de protección radiológica y procedimientos asociados.

Desde el primer momento del accidente, el Gobierno de España ha realizado un esfuerzo decidido para vigilar, estudiar y mitigar cualquier tipo de exposición a la contaminación radiactiva residual de los habitantes de Palomares. Desea poder concluir, de forma satisfactoria, una situación histórica; previendo una solución que incluya la retirada del suelo contaminado, de forma que la contaminación remanente del terreno tras el accidente, desde el punto de vista de la protección radiológica, no conlleve servidumbres perdurables en el tiempo.

Diferentes momentos de los trabajos de remediación y rehabilitación de los terrenos en torno a Palomares.